

01258-HE2-098

14.07.2026



РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на научна степен „доктор на науките“

Автор на дисертационния труд: доц. д-р инж. Росен [REDACTED] Милетиев

Тема на дисертационния труд: „Методи, алгоритми и системи за определяне на ориентация и състояние на подвижни обекти на базата на MEMS инерциални сензори“

Рецензент: проф. д-р инж. Веска [REDACTED] Георгиева

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение

Микроелектромеханичните системи (MEMS) са с широко приложение в много области, например в автомобилната индустрия и авиацията. Както е известно инерциалните сензори, които са базирани на тази технология, предизвикаха революция в транспорта, в системите с виртуална реалност (VR), системите с добавена реалност (AR) и др. Тези системи се отличават с висока степен на интеграция и позволяват директно свързване към други цифрови системи. Основните проблеми са свързани с някои типични фактори, влияещи негативно върху точността на инерциалните сензори, като отместване в нулевото показание, сложна температурна зависимост от хистерезисен тип, чувствителност към линейни ускорения при жirosкопите, шум, неортогоналност между осите при многоосни сензори и др. Затова въпросът за изучаването и компенсирането на негативните фактори и явления, влияещи върху точността на сензорите, е основна задача при разработването на методите и алгоритмите за обработка на информацията, получена от тях.

В тази връзка доц. д-р Милетиев се е насочил към решаването на актуален проблем, свързан с разработването на нови подходи, методи и алгоритми за подобряване на параметрите на MEMS инерциални сензори, с цел повишаване на качеството на данните, получени от сензорните системи. В дисертационния труд са предложени ефективни методи и алгоритми за системи на базата на MEMS инерциални сензори за анализ на динамичното състояние на подвижни обекти, техни подсистеми, както и състоянието на пътната мрежа в областта на автомобилния и железопътния транспорт. Създадени са прототипи на информационно – комуникационни системи на основата на MEMS инерциални сензори и е извършено тестването им в реални условия.

Постигнатите резултати определят научния, научно-приложния и приложен характер на дисертацията.

2. Степен на познаване на състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Разработената дисертация се основава на подробно и задълбочено изследване на състоянието на проблема, за което са използвани 197 източника литературни източника от авторитетни форуми и книги на английски и български език. Направени са

съответни сравнения и изводи. На тази основа правилно са формулирани целта и основните задачи на дисертационния труд.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Резултатите, постигнати при прилагането на предложените подходи, методи, алгоритми и методология на изследване напълно съответстват на формулираните цели и задачи на дисертацията. Д-р Милетиев умело е структурирал своя дисертационен труд в методично отношение, използвайки натрупаните научни знания и дългогодишен практически опит в тази област, и по този начин убедително е представил значими резултати, получени в резултат на проведените изследвания.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Дисертационният труд е разработен в обем от 326 страници и се състои от увод, 5 глави, приноси, списък на използвана литература, списък на публикациите, списък на научните и научно – приложните приноси, списък на цитиранията и 1 приложение. В дисертацията са представени общо 239 фигури, 30 таблици и списък на използваните означения и съкращения.

В първа глава са определени характеристиките на MEMS сензорите, както и влиянието на тяхната стойност върху точността на системите, акцентирано е върху начините за тяхното подобряване с помощта на софтуерни (чрез цифрова обработка на сигналите) или хардуерни методи.

Глава втора е свързана с предложени конкретни методи и алгоритми за подобряване на характеристиките на MEMS инерциални сензори. В тази връзка са изследвани характеристиките на индивидуалните MEMS сензори и четирисензорна структура с помощта на честотен анализ и Allan анализ. За определяне на възможностите на четирисензорната структура за потискане на шумовете е направен теоретичен анализ, последван от симулационно изследване и експериментално измерване, направен е анализ на получените данни. Като резултат е постигнато значително намаляване на нивото на спектралните съставки, като редуцирането на нивата им варира от 6dB при честоти между 1 и 10Hz до 20dB при много ниски честоти (Фиг.2.13). Предложен е подход и съответен комплексен алгоритъм за редуциране на шумовете на основата на уейвлетно дискретно, стационарно уейвлетно и уейвлетно пакетно преобразуване, като изборът на най-подходящия метод и съответните параметри са реализирани на основата на изчислени обективни критерии като SNR, CNR, MSE.

В глава трета са разработени и изследвани системи на базата на MEMS инерциални сензори за определяне на ориентацията в пространството. Предложен е модел на Калманов филтър за определяне на пространственото разположение на обекти, който работи коректно както при използване на Ойлерови ъгли, така и на кватерниони. Разработен е модел и структура (Фиг.3.25) на комплементарен филтър за определяне на пространственото разположение на обекти, която позволява моделиране на физичните процеси.

Глава четвърта представя изследване и разработване на системи на базата на MEMS инерциални сензори за определяне на динамичното състояние в автомобилния транспорт. Предложена е структура на мултипротоколната сензорна мрежа, с последователно и паралелно свързване на сензорите с цел максимална скорост за предаване на данни по мрежата. Направените теоретични и експериментални изследвания демонстрират възможността за внедряване на MEMS сензорите в системи за диагностика и управление както на отделни елементи, така и на цели възли и агрегати чрез определяне на ускорения, скорости и премествания в мащаб от части от милиметъра до няколко десетки сантиметри. Предложени са инерциални системи за контрол и управление на двигатели, инерциални системи за контрол на движението и управление на автомобили, като и инерциални системи за оценка на въздействието на автомобилния транспорт върху околната среда.

В глава пета са представени инерциални системи за изследване динамиката на движение и за диагностика в железопътния транспорт. Предложена е измервателна система на базата на MEMS инерциални сензори с възможност за измерване по три оси, на ускорение, ъглова скорост, магнитната индукция на земното магнитно поле. В системата е вграден GPS приемник за локализиране на местоположението и скоростта на движение на транспортното средство. Направено е измерване и анализ на състоянието на градски железопътни линии, основано на динамиката на движение, изследвани са вибрациите в трамвайна мотриса, предложен е алгоритъм за обработка на получените данни.

5. Приноси на дисертационния труд

- *Научни приноси*

- Предложен е подход за компенсиране на нулевото отместване на инерциалните сензори чрез използване на магнитометри като допълнителни сензори.

- Предложен е метод за подобряване на характеристиките на инерциални сензори на базата на прилагане на четирисензорна структура от такива сензори с подходяща ориентация на осите им (Фиг.2.1), като са изведени теоретични зависимости за дисперсията и стандартното отклонение на резултантните ускорения в изрази (2.5), които са потвърдени симулационно (т.2.1.2 – Табл.2.1) и експериментално (т.2.1.3 – Фиг.2.12 и Фиг.2.13).

- Предложен е подход за подобряване на характеристиките на сензорите чрез обработка на сигналите на базата на уейвлет преобразуване (т.2.2).

- Разработен е модел на Калманов филтър за определяне на пространственото разположение на обекти (т.3.3), като модела е проверен експериментално на специализирана постановка (Фиг.3.11) и сравнен с аналогични модели в съществуващи сензори като BNO055 и ADIS16405, като модела работи коректно както при използване на Ойлерови ъгли, така и на кватерниони.

- Предложени са модел и структура (Фиг.3.25) на комплементарен филтър за определяне на пространственото разположение на обекти, която позволява моделиране на физичните процеси по-точно в сравнение със структурата, определяща пространственото положение само на базата от данните за сензора на линейни ускорения.

➤ Предложени са модел и структура на мултипротоколна мрежа от инерциални сензори с последователно (Фиг.4.1) или паралелно (Фиг.4.2) свързване на сензорите, като са изведени изрази за максималния брой свързани сензори n (4.3), както и за максималната скорост за предаване на данни по мрежата.

➤ Предложена е методика за диагностика на окачването на автомобили по принудени колебания (т.4.2) с оценка на времето на затихване, скоростта на затихване на колебанията, основните доминиращи честоти и техните амплитуди, както и зависимостта на определените честоти и амплитуди от състоянието на изследвания обект. Тя включва интегрална оценка на състоянието на системата на базата на Short Time Fourier Transform (STFT) анализ и времево – честотно разпределение на основата на уейвлет пакетни преобразувания.

➤ Предложена е методика (т.5.1) за измерване и оценяване на надвишението на железния път, която позволява анализ на динамиката на движение в реално време и откриване на компрометирани участъци от железния път.

• Научно-приложни приноси

➤ Предложен е алгоритъм за прилагане на метода за компенсиране на нулевото отместване на инерциалните сензори (Фиг.1.48), като сравнителния анализ показва, че алгоритъмът за динамична компенсация намалява стойностите на отклонението от 10^1 до 10^4 пъти в сравнение със статичната компенсация.

➤ Разработена е измервателна система на базата на четирисензорна структура от инерциални сензори за експериментално изследване на параметрите на структурата (т.2.1.3) с възможност за изследване на режимите на работа на структурата (синхронен и асинхронен).

➤ Направен е сравнителен анализ на резултатите от индивидуален сензор и четирисензорна структура от инерциални сензори (т.2.1.4) по отношение на шумовите параметри чрез честотен анализ и анализ на дисперсията на Алън.

➤ Разработена е система за експериментално изследване на работата на предложения алгоритъм на Калманов филтър в статични и динамични условия (т.3.3), като са определени изрази (стр.141), които характеризират двете състояния.

➤ Разработена е система за анализ на динамиката по метода на вибрационния стенд с MEMS сензори (т.4.2.3), която позволява определяне на относителното преместване между отделни детайли в субмилиметровия диапазон

➤ Разработени са инерциални системи за контрол и управление на двигатели (т.4.3) за определяне на състоянието им на основата на времеви и честотен анализ на вибрациите, предизвикани от неуравновесените инерциални сили

➤ Разработени са инерциални системи за контрол на движението и управление на автомобили (т.4.4), базирани на Калманов филтър, за определяне на пространственото положение с приложение в пасивни и активни системи за контрол на стабилността.

➤ Разработени са инерциални системи за оценка на въздействието на автомобилния транспорт върху околната среда (т.4.5), които позволяват интегриране на допълнителни сензори, като сензор за фини прахови частици (ФПЧ) или електрохимични сензори за мониторинг на отделените токсични газове.

➤ Предложен е алгоритъм (Фиг.5.11) за измерване и оценяване на надвишението на железният път, които позволяват анализ на динамиката на движение в реално време и откриване на компрометирани участъци от железния път.

➤ Разработена е инерциална система за изследване на взаимодействието железен път – возило и за измерване и оценяване на надвишението на железният път (т.5.2), която позволява анализ на динамиката на движение в реално време, откриване на компрометирани участъци от железния път и мониторинг на допустимите ускорения при движение на подвижния състав.

➤ Разработена е инерциална система за измерване и анализ на състоянието на градски железопътни линии на база динамиката на движение (т.5.2), както и алгоритъм за обработка на данните (Фиг.5.33), на основата на която може да се определи нивото на вибрациите на пода на трамвайна мотриса.

6. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Публикациите по дисертационния труд са общо 38, от които 5 статии в международни списания с квантил Q1, 4 - в списания на български език, 28 доклада от международни научни конференции, 1 доклад от национална конференция. От представените публикации 11 са индексираны в Scopus. Представените научни публикации са в съавторство, като в 11 от тези публикации, д-р Р.Милетиев е първи съавтор, а в 14 - втори съавтор. От представените публикации може да се определят броя точки по **показател Г (252.2 точки)**, което надвишава минималните изисквания. По публикациите досега са забелязани 42 цитирания, от които 16 цитирания в Scopus, като броя на точките по **показател Д е 210 точки**, което надвишава необходимите 100 точки. Представената научна продукция е отражение на работата по различните глави от дисертационния труд и илюстрират признанието им, получено до сега от международната научна общност.

7. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Имайки предвид, че в повече от половината публикации д-р Милетиев има водещо място, както и представената цялостна научна продукция, считам, че приносите на представения дисертационен труд са дължат в голяма степен на неговото лично участие.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика

Резултатите от дисертацията представляват части от дейностите по 5 научно-изследователски проекта, като на 2 от тях (дог.ДТК02/2-2009г. с ФНИ „Разработване и изследване на автоматизирана информационно-комуникационна система на базата на инерционни микромеханични сензори за контрол и управление на динамични обекти в реално време“ и с Електротранспорт АД - дог. 2852-7/2014г – „Измерване на линейни ускорения по три оси с 1 система на базата на MEMS инерциални сензори, монтирана на талигова рама“) доц. д-р Милетиев е бил ръководител и 1 полезен модел (Свидетелство за полезен модел Патентно ведомство №5143/27.10.2020г.

Представени са значими резултати и приноси в дисертационния труд затова смятам, че те биха могли да намерят широко приложение в изследваните области на научната и социална практика.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд

Авторефератът адекватно отразява съдържанието, както и научните, научно-приложните, и приложни приноси на дисертацията. Считам, че той напълно съответства в структурно отношение на основните положения на дисертационния труд, представените изводи и приноси към всяка глава, като съществува съответствие между номерата на фигури, таблици и формули. В представения вид авторефератът отговаря на изискванията за изготвянето на авторефератите на дисертационните трудове според образца на ТУ-София.

10. Препоръки и критични бележки

Основните ми препоръки са следните:

1. Представените научните и научно-приложните приноси би било добре да се сравнят по отношение на най-близките известни методи.

2. С цел опростяване на алгоритъма от блокова схема 5.33. бих препоръчала да се използва само блока свързан с редуциране на шумовете на основата на уейвлетно пакетно преобразуване, чието предимство е обосновано в глава 2.

3. Съществува различие в шрифта на представените формули.

Направените забележки и препоръки не намаляват достойнствата на дисертационния труд.

11. Заключение

На основание на изложеното давам положителна оценка на представения дисертационен труд на тема **„Методи, алгоритми и системи за определяне на ориентация и състояние на подвижни обекти на базата на MEMS инерциални сензори“** с автор д-р. инж. Росен Милетиев. Смятам, че той е разработен в съответствие със Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за неговото прилагане и съответния правилник на Техническия Университет – София. Затова предлагам на Уважаемото научно жури да присъди на **доц.д-р инж. Росен Милетиев** научна степен **„ДОКТОР НА НАУКИТЕ“** в професионално направление **5.3 Комуникационна и компютърна техника**, научна специалност **„Автоматизирани системи за обработка на информацията и управление“** (в комуникациите).

13.07.2026 г.

София

Рецензент:

(проф. д-р инж. В.Георгиева)

2098

REVIEW

on a dissertation for the acquisition of the scientific degree "doctor of science"

Author of the dissertation: Assoc. Prof.Dr. Eng. Rosen [REDACTED] Miletiiev

Topic of the dissertation: "Methods, algorithms and systems for determining the orientation and state of moving objects based on MEMS inertial sensors"

Reviewer: Prof.Dr.Eng. Veska [REDACTED] Georgieva

1. Actuality of the problem developed in the dissertation work in scientific and scientific-applied terms

scientific-applied terms
Microelectromechanical systems (MEMS) are widely used in many fields, for example, in the automotive industry and aviation. As is known, inertial sensors based on this technology have revolutionized transportation, virtual reality (VR) systems, augmented reality (AR) systems, etc. These systems feature a high degree of integration and allow direct connection to other digital systems. The main problems are related to some typical factors negatively affecting the accuracy of inertial sensors, such as zero offset, complex temperature dependence of the hysteresis type, sensitivity to linear accelerations in gyroscopes, noise, non-orthogonality between axes in multi-axis sensors, etc. Therefore, the issue of studying and compensating for negative factors and phenomena affecting the accuracy of sensors is a fundamental task in developing methods and algorithms for processing information received from them.

In this regard, Assoc. Prof. Dr. Miletičev has focused on solving a current problem related to the development of new approaches, methods and algorithms for improving the parameters of MEMS inertial sensors, in order to increase the quality of data obtained from sensor systems. The dissertation proposes effective methods and algorithms for systems based on MEMS inertial sensors for analyzing the dynamic state of moving objects, their subsystems, as well as the state of the road network in the field of road and rail transport. Prototypes of information and communication systems based on MEMS inertial sensors have been created and their testing in real conditions has been carried out. The achieved results determine the scientific, scientific-applied and applied contribution of the dissertation.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material

The developed dissertation is based on a detailed and in-depth study of the state of the problem, for which 197 literary sources from authoritative forums and books in English and Bulgarian were used. Relevant comparisons and conclusions have been made. On this basis, the goal and main tasks of the dissertation have been correctly formulated.

3. Correspondence of the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation with the contributions achieved

The results achieved in the application of the proposed approaches, methods, algorithms and research methodology fully correspond to the formulated goals and objectives of the dissertation. Dr. Miletiev has skillfully structured his dissertation work in a methodological sense, using the accumulated scientific knowledge and many years of practical experience in this field, and thus has convincingly presented significant results obtained as a result of the conducted research.

4. A brief analytical characterization of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are built

The dissertation is developed in a volume of 326 pages and consists of an introduction, 5 chapters, contributions, a list of used literature, a list of publications, a list of scientific and scientifically applied contributions, a list of citations and 1 appendix. The dissertation presents a total of 239 figures, 30 tables and a list of used symbols and abbreviations.

The first chapter defines the characteristics of MEMS sensors, as well as the influence of their value on the accuracy of the systems, emphasizing ways to improve them using software (through digital signal processing) or hardware methods.

Chapter 2 is related to proposed specific methods and algorithms for improving the characteristics of MEMS inertial sensors. In this regard, the characteristics of individual MEMS sensors and a four-sensor structure are investigated using frequency analysis and Allan analysis. To determine the noise suppression capabilities of the four-sensor structure, a theoretical analysis was performed, followed by simulation studies and experimental measurements, and the obtained data was analyzed. As a result, a significant reduction in the level of spectral components was achieved, with the reduction in their levels varying from 6dB at frequencies between 1 and 10Hz to 20dB at very low frequencies (Fig.2.13). An approach and a corresponding complex algorithm for noise reduction based on discrete wavelet, stationary wavelet and wavelet packet transforms are proposed, with the selection of the most appropriate method and the corresponding parameters being implemented based on calculated objective criteria such as SNR, CNR, and MSE.

In chapter 3, systems based on MEMS inertial sensors for determining orientation in space are developed and investigated. A Kalman filter model for determining the spatial location of objects is proposed, which works correctly both when using Euler angles and quaternions. A model and structure (Fig.3.25) of a complementary filter for determining the spatial location of objects is developed, which allows modeling of physical processes.

Chapter 4 presents research and development of systems based on MEMS inertial sensors for determining the dynamic state in road transport. A structure of the multi-protocol sensor network is proposed, with serial and parallel connection of the sensors for the purpose of maximum data transmission speed over the network. The theoretical and experimental studies conducted demonstrate the possibility of implementing MEMS sensors in systems for diagnostics and control of both individual elements and entire nodes and aggregates by

determining accelerations, velocities and displacements on a scale from fractions of a millimeter to several tens of centimeters. Inertial systems for engine control and management, inertial systems for traffic control and vehicle management, as well as inertial systems for assessing the impact of road transport on the environment have been proposed.

In Chapter 5, inertial systems for studying the dynamics of movement and for diagnostics in railway transport are presented. A measuring system based on MEMS inertial sensors is proposed with the ability to measure along three axes, acceleration, angular velocity, and the magnetic induction of the earth's magnetic field. The system has a built-in GPS receiver for locating the location and speed of the vehicle. Measurements and analysis of the condition of urban railway lines based on the dynamics of movement have been made, vibrations in a tram car have been studied, and an algorithm for processing the obtained data has been proposed.

5. Contributions of the dissertation work

• Scientific contributions

- An approach to compensate for the zero offset of inertial sensors by using magnetometers as additional sensors is proposed.
- A method for improving the characteristics of inertial sensors is proposed, based on the implementation of a four-sensor structure of such sensors with an appropriate orientation of their axes (Fig. 2.1), and theoretical dependencies for the dispersion and standard deviation of the obtained accelerations in expressions (2.5) are derived, which are confirmed by simulation (Section 2.1.2 – Table 2.1) and experimentally (Section 2.1.3 – Fig. 2.12 and Fig. 2.13).
- An approach to improve the characteristics of sensors by processing signals based on wavelet transformation (section 2.2) has been proposed.
- A Kalman filter model has been developed for determining the spatial location of objects (section 3.3), and the model has been experimentally verified on a specialized setup (Fig. 3.11) and compared with analogous models in existing sensors such as BNO055 and ADIS16405, and the model works correctly both when using Euler angles and quaternions.
- A model and structure (Fig. 3.25) of a complementary filter for determining the spatial location of objects have been proposed, which allows modeling of physical processes more accurately compared to the structure determining the spatial position only based on the data for the linear acceleration sensor.
- A model and structure of a multi-protocol network of inertial sensors with serial (Fig.4.1) or parallel (Fig.4.2) connection of the sensors are proposed, and expressions for the maximum number of connected sensors n (4.3) are derived, as well as for the maximum data transmission speed over the network.
- A methodology for diagnosing the suspension of cars by forced oscillations is proposed (p.4.2) with an assessment of the damping time, the damping rate of oscillations, the main dominant frequencies and their amplitudes, as well as the dependence of the determined frequencies and amplitudes on the state of the object under study. It includes an integral

assessment of the state of the system based on Short Time Fourier Transform (STFT) analysis and time-frequency distribution based on wavelet packet transforms.

➤ A methodology (p.5.1) is proposed for measuring and assessing the cant of the railway track, which allows for analysis of the dynamics of movement in real time and detection of compromised sections of the railway track.

• *Scientific-applied contributions*

➤ An algorithm for applying the method for compensating the zero offset of inertial sensors is proposed (Fig.1.48) and the comparative analysis shows that the dynamic compensation algorithm reduces the deviation values from 101 to 104 times compared to static compensation.

➤ A measurement system based on a four-sensor structure of inertial sensors has been developed for experimental study of the parameters of the structure (section 2.1.3) with the possibility of studying the operating modes of the structure (synchronous and asynchronous).

➤ A comparative analysis of the results of an individual sensor and a four-sensor structure of inertial sensors (section 2.1.4) in terms of noise parameters has been made by means of frequency analysis and Allen dispersion analysis

➤ A system for experimental study of the operation of the proposed Kalman filter algorithm in static and dynamic conditions has been developed (section 3.3), and expressions have been determined (p. 141) that characterize the two states.

➤ A system for analyzing dynamics using the vibration bench method with MEMS sensors (section 4.2.3) has been developed, which allows determining the relative displacement between individual parts in the sub millimeter range

➤ Inertial systems for engine control and management (section 4.3) have been developed to determine their state based on time and frequency analysis of vibrations caused by unbalanced inertial forces.

➤ Inertial systems for traffic control and vehicle control (section 4.4) have been developed, based on the Kalman filter, for determining the spatial position with application in passive and active stability control systems.

➤ Inertial systems for assessing the impact of road transport on the environment (section 4.5) have been developed, which allow the integration of additional sensors, such as a fine particulate matter (PM) sensor or electrochemical sensors for monitoring the released toxic gases.

➤ An algorithm (Fig.5.11) for measuring and assessing the inclination of the railway track has been proposed, which allows for real-time traffic dynamics analysis and detection of compromised sections of the railway track.

➤ An inertial system for studying the railway track-vehicle interaction and for measuring and assessing the inclination of the railway track has been developed (Section 5.2),

which allows for real-time traffic dynamics analysis, detection of compromised sections of the railway track and monitoring of permissible accelerations during rolling stock movement.

➤ An inertial system for measuring and analyzing the condition of urban railway lines based on traffic dynamics has been developed (Section 5.2), as well as a data processing algorithm (Fig.5.33), based on which the vibration level of the floor of a tram car can be determined.

6. Assessment of dissertation publications

The publications on the dissertation work are 38 in total, of which 5 articles in international journals with quartile Q1; 4 - in Bulgarian-language journals, 28 papers from international scientific conferences, 1 paper from a national conference. Of the submitted publications, 11 are indexed in Scopus. The submitted scientific publications are co-authored, as in 11 of these publications, Dr. R. Miletiev is the first co-author, and in 14 - the second co-author. From the presented publications, the number of points under **indicator G can be determined (252.2 points)**, which exceeds the minimum requirements. The publications have so far received 42 citations, of which 16 citations in Scopus, with the **number of points under indicator D being 210 points**, which exceeds the required 100 points. The presented scientific production is a reflection of the work on the various chapters of the dissertation and illustrates the recognition they have received so far from the international scientific community.

7. Assessment of the degree of the dissertation candidate's personal participation in the contributions

Considering that Dr. Miletiev has a leading position in more than half of the publications, as well as the entire scientific production presented, I believe that the contributions of the presented dissertation are largely due to his personal participation.

8. Use the results of the dissertation in scientific and social practice

The results of the dissertation represent parts of the activities of 5 research projects, of which 2 (contract DTK02/2-2009 with the National Science Foundation "Development and research of an automated information and communication system based on inertial micromechanical sensors for control and management of dynamic objects in real time" and with Elektrotransport AD - contract 2852-7/2014 - "Measurement of linear accelerations along three axes with 1 system based on MEMS inertial sensors mounted on a bogie frame") Assoc. Prof. Dr. Miletiev was the leader and 1 utility model (Certificate of utility model Patent Office No. 5143/27.10.2020).

Significant results and contributions are presented in the dissertation work, so I believe that they could find widespread application in the researched areas of scientific and social practice.

9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work

The abstract adequately reflects the content, as well as the scientific, scientifically applied, and applied contributions of the dissertation. I believe that it fully corresponds in structural terms to the main provisions of the dissertation work, the presented conclusions and contributions to each chapter, and there is correspondence between the numbers of figures, tables and formulas. In the presented form, the abstract meets the requirements for the preparation of abstracts of dissertation works according to the TU-Sofia template.

10. Recommendations and critical remarks

My main recommendations are the following:

1. It would be good to compare the presented scientific and scientific-applied contributions in terms of the closest known methods.

2. In order to simplify the algorithm from block diagram 5.33, I would recommend using only the block related to noise reduction based on wavelet packet transform, the advantage of which is justified in chapter 2.

3. There is a difference in the font of the presented formulas.

The remarks and recommendations made do not diminish the merits of the dissertation.

11. Conclusion

Based on the above, I give a positive assessment of the presented dissertation on the topic **"Methods, algorithms and systems for determining the orientation and state of moving objects based on MEMS inertial sensors"** with the author Dr. Eng. Rosen Miletiev. I believe that it was developed in accordance with the Act on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria, The Regulations for its implementation and the relevant regulations of the Technical University – Sofia. Therefore, I propose to the Honorable Scientific Jury to award **Assoc. Prof. Dr. Eng. Rosen [REDACTED] Miletiev** the scientific degree **"DOCTOR OF SCIENCES"** in the professional field **5.3 Communication and Computer Engineering**, scientific specialty **"Automated Information Processing and Management Systems"** (in communications).

13.07.2026

Sofia

Reviewer:

(Prof. Dr. Eng. Veska Georgieva)