

Вх. №1-3/16.12.2024

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор“

Автор на дисертационния труд: маг. инж. **Мирослава Бончева Барахарска**

Тема на дисертационния труд: **Проектиране и реализация на методи за подобряване на динамиката на измерванията в системите за управление**

Професионално направление: 5.2 Електротехника, електроника и автоматика

Научна специалност: Приложение на принципите и методите на кибернетиката в различни области на науката

Член на научно жури: Петко Христов Петков, д.т.н., професор

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Измерването на температура и маса са два съществени проблеми, които възникват при разработването на индустриални системи за управление. Въпреки успехите в тази област, подобряването на скоростта и точността на измерване на тези величини в присъствието на интензивни шумове остава една сериозна задача. Това обуславя необходимостта от задълбочени изследвания, които имат както теоретична, така и практическа насоченост. Ето защо представената работа е актуална, извършените изследвания са перспективни и получените резултати могат да бъдат приложени на практика.

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

Текстът на дисертационната работа показва, че авторката се е запознала задълбочено със съвременните методи за анализ и синтез на системи за управление в присъствието на шумове, като получените резултати демонстрират, че тя може да използва успешно тези методи за получаване на нови резултати при проектирането на системи, характеризирани се с по-добро качество на процесите. В дисертацията са цитирани 93 литературни източници, отнасящи се до темата на дисертационната работа, при което е показано добро владение на материала в разглежданата научна област. Извършено е сравнение с известните от литературата резултати, което е дало възможност да се направи обективна преценка за предимствата и недостатъците на предложените от нея методи.

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

Методиката за изследване в дисертационната работа се базира на използването на резултатите на съвременната теория на управлението и по-специално на теорията на оптималната филтрация. Дисертантката е разработила нови и е усъвършенствала съществуващи методи и алгоритми за подобряване на динамиката на измерванията в системите за управление, особено за случаите на значително съотношение на мощността на шума към тази на полезния сигнал и при модел на измерването зависим от измерваната величина. В цялост, получените резултати потвърждават напълно валидността на избраната методика на изследване.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала

Представената дисертационна работа се състои от 7 глави и съдържа общо 148 страници.

В гл.1, след компетентен преглед на проблемите и методите, свързани с измерването на динамично променящи се величини (основно температура и маса) в системите за управление, е направен извода, че най-подходящи за целта са методите, при които не се използва модел на измерването. Формулирана е основната цел на дисертационния труд, а именно да бъдат разработени нови и да бъдат усъвършенствани съществуващите методи и алгоритми за подобряване на динамиката на измерванията в системи за управление, особено в случаите на ниско съотношение сигнал/шум и при модел на измерването, зависим от измерваната величина.

В гл. 2 е предложен модифициран метод за подобряване на измерванията в системи за управление, при който не се използва модел на процеса. Като илюстративни примери са разгледани процесите за измерване на температура и маса в система за управление. Предложеният метод е сравнен със стандартен филтър на Калман, настроен по модела на измервателния процес. Изследвани са свойствата на метода при различни стойности на дисперсията на измервателния шум. Получените резултати показват предимствата на модифицирания метод за подобряване на измерванията, дори и при използване на сензори с по-нисък клас на точност.

В гл. 3 е предложен метод за подобряване на динамиката на измерванията, базиран на модифициран нелинеен филтър на Калман. Този метод е приложим за измервания във времето, при които моделът на измерване зависи от измерваната величина. Като пример за приложението на този метод се разглежда подобряване на динамиката на измерването на променяща се във времето маса. Основната цел е да се увеличи скоростта и точността на процеса на измерване. За целите на сравнението е проектиран и стандартен линеен филтър на Калман за подобряване на динамиката на измерване, който е синтезиран за фиксирана стойност на неизвестната маса. Получените резултати потвърждават предимствата на предложения метод, базиран на нелинеен филтър на Калман.

В гл.4 е предложен нов метод неизползващ модел на измерването за подобряване на променящите се във времето динамични измервания, базиран на ортогонален модел на Лагер. За разлика от съществуващите методи, предложеният метод моделира процеса на измерване с ортогонален модел на Лагер вместо със специфичен модел от тип крайна импулсна характеристика. По този начин той съчетава предимствата на методите неизползващи модел и подхода в идентификацията, при който се използват ортогонални модели. Методът е валидиран с примери за измерване на температура и маса.

В гл. 6 са предложени два нови метода, базирани на многомоделен линеен филтър на Калман и на многомоделен линеен H_{∞} филтър, които подобряват динамиката на променящи се във времето измервания. Методите са особено приложими в случай на измервателен процес, чиито модел зависи от измерваната величина включително и за процеси с високо съотношение шум към полезен сигнал (сензори с по-нисък клас на точност). Получените резултати показват, че дори и само с 3 филтъра в моделната банка, алгоритмите подобряват значително динамиката на сензора. Предложените методи представят възможности за бъдещи теоретични изследвания, свързани с броя на моделите в моделната банка, с различни алгоритми за определяне на тегловните коефициенти и др.

В последната, 7-а глава, е извършен сравнителен анализ на разработените методи, като за целите на сравнението е проведен симулационен експеримент при променящи се във времето температура и маса. Формулирани са и приносите на дисертационната работа.

По дисертационната работа са направени 5 публикации, като три от тях са индексирани в Scopus и 2 – във Web of Science.

В работата са съчетани успешно теоретични изследвания с получаване на научно-приложни резултати, което е дало възможност на дисертантката да представи едно напълно завършено изследване. Формулирани са пет научно-приложни и два приложни приноса, които напълно съответстват на изложените в дисертацията резултати. Изложението е логично построено, последователно и ясно.

5. Основни научно-приложни и приложни приноси

Като по-съществени научно-приложни приноси, получени от дисертантката, могат да се отбележат:

- Предложен е модифициран метод за подобряване на измерванията в системи за управление, при който не се използва модел на процеса. Той е получен като съществуващ метод е доразвит за оценяване на променяща се във времето измервана величина. Предложеният модифициран метод е сравнен със стандартния филтър на Калман, настроен по модела на измервателния процес. Предложено е да се извършва обоснован избор на реда на оценявания модел на базата на информационния показател на Акайке. Изследвани са свойствата на метода при различни стойности на дисперсията на измервателния шум. Получените резултати показват предимствата на модифицирания метод за подобряване на измерванията, дори и при използване на сензори с нисък клас на точност.

- Предложен е метод за подобряване на динамиката на измерванията, базиран на модифициран разширен филтър на Калман. Този метод е приложим в случая на променяща се във времето измервана величина, когато моделът на измерване зависи от тази променлива. Работоспособността му е проверена за случая на подобряване на динамиката на измерване на маса. Също така за целите на сравнението е проектиран линеен филтър на Калман за фиксирана стойност на неизвестната маса. Получените резултати потвърждават предимствата на метода, базиран на разширения филтър на Калман пред метода, базиран на линейна калманова филтрация.

- Предложен е метод използващ модел за подобряване на променящите се във времето динамични измервания, базиран на ортогонален модел на Лагер. Този метод е подходящ за апериодични процеси на измерване. За разлика от съществуващите методи използващи модел, предложеният метод моделира процеса на измерване с ортогонален модел на Лагер вместо със специфичен модел от тип крайна импулсна характеристика. Предложеният метод оценява измерваната величина бързо и точно с модел от по-нисък ред от оценения с конвенционален метод използващ модел, особено при нисък клас на точност на сензора.

- Предложен е метод използващ модел, базиран на функция на Кауц, който подобрява динамиката на измерванията, които се променят във времето. Методът е приложим в случай на осцилиращ/колебателен процес на измерване с високо съотношение шум към полезен сигнал. Основната разлика между предложения метод и конвенционалния метод използващ модел е типът модел, използван за представяне на динамиката на измерването. Получените резултати доказват работоспособността на базирания на функцията на Кауц метод и показват неговите предимства, като постигане на точна стойност на неизвестна измерена величина за кратко време (приблизително два пъти по-бързо от конвенционалния метод) с нисък ред на оценявания модел.

- Предложени са два нови метода базирани на многомоделен линеен филтър на Калман и на многомоделен линеен H_{∞} филтър, които подобряват динамиката на променящи се във времето измервания. Методите са приложими в случай на измервателен процес, чиито модел зависи от измерваната величина включително и за процеси с високо съотношение шум към полезен сигнал (сензори с нисък клас на точност). Получените резултати показват, че дори и само с 3 филтъра в моделната банка, алгоритмите подобряват значително динамиката на сензора. Предложените методи представят възможности за бъдещи теоретични изследвания, свързани с броя на моделите в моделната банка, с различни алгоритми за определяне на тегловните коефициенти и др.

Като приложен принос трябва да се отбележи, че за програмната реализация на предложените методи за подобряване динамиката на измерванията е разработено софтуерно осигуряване в средата на MATLAB/Simulink. Много добро впечатление прави фактът, че работоспособността и ефективността на разработените методи са проверени с голям брой симулационни изследвания. По този начин в работата са съчетани успешно теоретични и приложни методи, осигуряващи изпълнението на поставените в дисертацията задачи.

6. Оценка за степента на лично участие на дисертанта в приносите

Съдържанието на публикациите по дисертационния труд категорично показва, че получените приноси са резултат от личната работа на дисертантката, следвайки насоките, дадени и от нейните научни ръководители.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По работата са направени 5 публикации, като 2 са в списания у нас, а 3 са доклади на международни конференции, които са индексирани в световни бази данни. Съдържанието на публикациите отговаря напълно на съдържанието на дисертационната работа.

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

Предложените от дисертантката методи за подобряване на динамиката на измерванията в системите за управление ще намерят приложение в научно-изследователската и учебната работа на катедра „Системи и управление“ в Техническият университет – София, както и в други технически университети у нас. Те могат да се използват успешно при управлението на конкретни индустриални системи за управление.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му

Авторефератът на дисертационната работа е написан в съответствие със съществуващите изисквания и отразява адекватно получените в работата резултати.

10. Мнения, препоръки и бележки

Дисертационната работа прави много добро впечатление с професионалното владение на методите на съвременната теория на управлението, което е дало възможност на докторантката да получи нови резултати. Към работата бяха отправени редица забележки на етапа на предварителното обсъждане, които бяха взети предвид при подготвянето на окончателния вариант на дисертационната работа.

Забележки и предложения за подобрения:

1. Прави впечатление, че в работата са разгледани само времеви методи за анализ на динамиката на измервателния процес. В теорията на измерванията представляват интерес и спектралните (честотните) методи, които в някои случаи са по-информативни от гледна точка на физиката на процеса. Напр., представлява интерес съпоставянето на честотните характеристики на филтъра на Калман със спектъра на измервания сигнал и т.н.

2. Изглежда подходящо фразата „метод, неизползващ модел на измерването“ да се смени с с по-краткото „безмоделен метод на измерване“, а „метод за подобряване на измерванията, неизползващ модел на измерването“ - с „безмоделен метод за подобряване на измерванията“.
3. Вместо Matlab/Simulink трябва да се записва MATLAB/Simulink.

Очевидно е, че тези забележки не намаляват приносите на дисертационната работа.

11. Изпълнение на наукометричните изисквания

Декларирам изпълнението на нормативните изисквания по отношение на националните и институтските наукометрични данни за област „5. Технически науки“ за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ по група показатели както следва: А = 50 т.; Г = 53 т., т.е., при необходими 80 т. са изпълнени 103 т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основният принос на дисертационната работа е приложението на съвременните методи за оценяване, разработени в теорията и управлението, към измервателните процеси, характеризиращи се с динамика. Това е дало възможност да се получат нови резултати, които водят до подобряване на скоростта и точността на измерванията.

Дисертационната работа прави много добро впечатление със стегнатата организация на изложението, отсъствието на разсъждения, които не са по съществуващото на работата, както и с експерименталните резултати, с които е илюстриран анализа на съответните методи.

Въз основа на получените от дисертантката съществени приноси, давам положителна оценка на дисертационната работа и си позволявам да препоръчам на уважаемото жури да присъди на маг. инж. Мирослава Бончева Барахарска образователната и научна степен „доктор“.

12.12.2024 г.

Член на журито:

121

/проф. Петко Петков/

Възрно с оригинала



REVIEW

on a dissertation work for the acquisition of the educational and scientific degree "doctor"

Author of the dissertation: mag. eng. Miroslava Boncheva Baraharska

Dissertation topic: **Design and implementation of methods to improve the dynamics of measurements in control systems**

Professional direction: 5.2 Electrical engineering, electronics and automation

Science major: Application of the principles and methods of cybernetics in various fields of science

Member of the scientific jury: Petko Hristov Petkov, Ph.D., professor

1. Relevance of the problem developed in the dissertation work

Measuring temperature and mass are two essential problems that arise in the development of industrial control systems. Despite the successes in this field, improving the speed and accuracy of measuring these quantities in the presence of intense noises remains a serious task. This determines the need for in-depth research that has both a theoretical and a practical focus. That is why the work presented is up-to-date, the research carried out is promising and the results obtained can be applied in practice.

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

The text of the dissertation shows that the author has become thoroughly familiar with the modern methods of analysis and synthesis of control systems in the presence of noises, and the obtained results demonstrate that she can successfully use these methods to obtain new results in the design of systems, characterized by better process quality. In the dissertation, 93 literary sources are cited, referring to the topic of the dissertation work, in which a good mastery of the material in the considered scientific field is shown. A comparison was made with the results known from the literature, which made it possible to make an objective assessment of the advantages and disadvantages of the methods proposed by her.

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

The research methodology in the dissertation work is based on the use of the results of the modern management theory and in particular the theory of optimal filtration. The doctoral student has developed new and improved existing methods and algorithms to improve the dynamics of measurements in control systems, especially for the cases of a significant ratio of the power of the noise to that of the useful signal and with a measurement model dependent on

the measured quantity. Overall, the obtained results fully confirm the validity of the chosen research methodology.

4. A brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material

The presented dissertation consists of 7 chapters and contains a total of 148 pages.

In Ch. 1, after a competent review of the problems and methods related to the measurement of dynamically changing quantities (mainly temperature and mass) in control systems, it was concluded that the most suitable for the purpose are the methods in which no measurement model. The main goal of the dissertation is formulated, namely to develop new and improve existing methods and algorithms for improving the dynamics of measurements in control systems, especially in cases of low signal-to-noise ratio and with a measurement model dependent on the measurand.

In Ch. 2, a modified method for improving measurements in control systems is proposed that does not use a process model. Processes for measuring temperature and mass in a control system are considered as illustrative examples. The proposed method is compared with a standard Kalman filter tuned to the measurement process model. The properties of the method at different values of the measurement noise variance were investigated. The obtained results show the advantages of the modified method to improve the measurements, even when using sensors with a lower accuracy class.

In Ch. 3, a method for improving the dynamics of measurements based on a modified nonlinear Kalman filter is proposed. This method is applicable to measurements over time where the measurement pattern depends on the measurand. As an example of the application of this method, the improvement of the dynamics of the time-varying mass measurement is considered. The main goal is to increase the speed and accuracy of the measurement process. For comparison purposes, a standard linear Kalman filter is also designed to improve the measurement dynamics, which is synthesized for a fixed value of the unknown mass. The obtained results confirm the advantages of the proposed method based on a nonlinear Kalman filter.

In Ch. 4, a new method not using the measurement model is proposed to improve the time-varying dynamic measurements, based on an orthogonal Lager model. Unlike the existing methods, the proposed method models the measurement process with an orthogonal Lager model instead of a specific finite impulse response type model. Thus, it combines the advantages of model-free methods and the identification approach that uses orthogonal models. The method is validated with examples of temperature and mass measurements.

In Ch. 6, two new methods based on a multi-model linear Kalman filter and a multi-model linear H_∞ filter are proposed, which improve the dynamics of time-varying measurements. The methods are particularly applicable in the case of a measurement process whose model depends on the measured value, including for processes with a high ratio of noise to useful signal (sensors with a lower accuracy class). The obtained results show that even with only 3 filters in the model bank, the algorithms significantly improve the sensor dynamics. The proposed methods present opportunities for future theoretical research related to the number of models in the model bank, with different algorithms for determining the weighting coefficients, etc.

In the last, 7th chapter, a comparative analysis of the developed methods was carried out, and for the purposes of the comparison, a simulation experiment was carried out with time-varying temperature and mass. The contributions of the dissertation work are also formulated. 5 publications were made on the dissertation work, three of which were indexed in Scopus and 2 in Web of Science.

The work successfully combines theoretical research with obtaining scientific-applied results, which gave the doctoral student the opportunity to present a fully completed study. Five scientific-applied and two applied contributions were formulated, which fully correspond to the results presented in the dissertation. The exposition is logically constructed, coherent and clear.

5. Main scientific-applied and applied contributions

The following can be noted as more significant scientific and applied contributions received by the doctoral student:

- A modified method for improving measurements in control systems is proposed that does not use a process model. It was obtained as an existing method was further developed for estimating a time-varying measurand. The proposed modified method is compared with the standard Kalman filter tuned according to the measurement process model. It is proposed to make a justified choice of the order of the evaluated model on the basis of Akaike's information index. The properties of the method at different values of the measurement noise dispersion were investigated.

The obtained results show the advantages of the modified method to improve the measurements, even when using sensors with a low accuracy class.

- A method for improving the dynamics of measurements based on a modified extended Kalman filter is proposed. This method is applicable in the case of a time-varying measurand when the measurement model depends on that variable. Its performance has been verified for the case of improving mass measurement dynamics. Also for comparison purposes, a linear Kalman filter is designed for a fixed value of the unknown mass. The obtained results confirm the advantages of the method based on the extended Kalman filter over the method based on linear Kalman filtration.

- A model-free method for improving time-varying dynamic measurements based on an orthogonal Lager model is proposed. This method is suitable for aperiodic measurement processes. Unlike the existing non-model methods, the proposed method models the measurement process with an orthogonal Lager model instead of with a specific finite impulse response type model. The proposed method estimates the measurand quickly and accurately with a lower-order model than that estimated by the conventional method using no model, especially at low sensor accuracy class.

- A model-free method based on a Kautz function is proposed that improves the dynamics of time-varying measurements. The method is applicable in the case of an oscillating/oscillating measurement process with a high noise-to-useful ratio. The main difference between the proposed method and the conventional model-free method is the type of model used to represent the measurement dynamics. The obtained results prove the workability of the Kautz function-based method and show its advantages, such as achieving an accurate value of an unknown measured quantity in a short time (approximately twice as fast as the conventional method) with a low order of the evaluated model.

- Two new methods based on a multi-model linear Kalman filter and a multi-model linear H_{∞} filter are proposed, which improve the dynamics of time-varying measurements. The methods are applicable in the case of a measurement process whose model depends on the measured value, including for processes with a high ratio of noise to useful signal (sensors with a low accuracy class). The obtained results show that even with only 3 filters in the model bank, the algorithms significantly improve the sensor dynamics. The proposed methods present opportunities for future theoretical research related to the number of models in the model bank, with different algorithms for determining the weighting coefficients, etc.

As an applied contribution, it should be noted that for the program implementation of the proposed methods for improving the dynamics of the measurements, a software provision has been developed in the MATLAB/Simulink environment. A very good impression is made by the fact that the workability and effectiveness of the developed methods have been verified with a large number of simulation studies. In this way, theoretical and applied methods are successfully combined in the work, ensuring the fulfillment of the tasks set in the dissertation.

6. Evaluation of the degree of personal participation of the dissertation student in the contributions

The content of the dissertation publications clearly shows that the contributions received are the result of the dissertation student's personal work, following the guidelines also given by her scientific supervisors.

7. Evaluation of publications on the dissertation work

Five publications have been made on the work, 2 of which are in magazines in our country, and 3 are reports at international conferences, which are indexed in global databases. The content of the publications fully corresponds to the content of the dissertation work.

8. Using the results of the dissertation work in scientific and social practice

The methods proposed by the doctoral student to improve the dynamics of measurements in control systems will find application in the research and teaching work of the "Systems and Control" department at the Technical University - Sofia, as well as in other technical universities in our country. They can be used successfully in the management of specific industrial control systems.

9. Assessment of the compliance of the author's reference with the requirements for its preparation

The abstract of the dissertation work is written in accordance with the existing requirements and adequately reflects the results obtained in the work.

10. Opinions, recommendations and notes

The dissertation work makes a very good impression with the professional mastery of the methods of modern management theory, which enabled the doctoral student to obtain new

results. A number of comments were made to the work at the preliminary discussion stage, which were taken into account when preparing the final version of the dissertation work.

Notes and suggestions for improvements:

1. It is worth noting that only time methods for analyzing the dynamics of a measurement process are considered in the work. In the theory of measurements, spectral (frequency) methods are also of interest, which in some cases are more informative from the point of view of the physics of the process. the frequency characteristics of the Kalman filter with the spectrometer of the measured signal, etc.
2. It seems appropriate to replace the phrase "method not using a measurement model" with the shorter "modelless measurement method" and "measurement improvement method not using a measurement model" with "modelless measurement improvement method".
3. Instead of Matlab/Simulink, MATLAB/Simulink should be written.

Obviously, these remarks do not detract from the contributions of the dissertation.

11. Fulfillment of the scientometric requirements

I declare the fulfillment of the normative requirements regarding the national and institute scientometric data for the area "5. Technical Sciences" for the acquisition of the educational and scientific degree "doctor" according to a group of indicators as follows: A = 50 items; D = 53 items, i.e., with the required 80 items. 103 items have been completed.

CONCLUSION

The main contribution of the dissertation work is the application of modern evaluation methods, developed in management theory, to measurement processes characterized by dynamics. This has made it possible to obtain new results that lead to an improvement in the speed and accuracy of measurements.

The dissertation work makes a very good impression with the tight organization of the exposition, the absence of reasoning that is not on the essence of the work, as well as with the experimental results that illustrate the analysis of the relevant methods.

Based on the substantial contributions received by the dissertation student, I give a positive assessment of the dissertation work and allow myself to recommend to the esteemed jury to award the M.Sc. Eng. Miroslava Boncheva Baraharska, the educational and scientific degree "doctor".

12.12.2024

Jury member:

121
/prof. Petko Petkov/

Върно с оригинала

