

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0524U000198

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 31-05-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Воловик Андрій Юрійович

2. Andrii Volovyk

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.12.13

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 05.12.13

Назва наукової спеціальності: Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 14-06-2024

Спеціальність за освітою: Радіотехнічне забезпечення авіації

Місце роботи здобувача: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 35.052.10

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 47, 47.05, 47.05.11, 47.05.17, 47.05.07

Тема дисертації:

1. Модельно-орієнтовані методи обробки сигналів в радіотехнічних системах з підвищеною функціональною надійністю
2. Model-oriented signal processing methods in radio engineering systems with increased functional reliability

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена розв'язку актуальної науково-технічної проблеми, сутність якої полягає у розробці на системній основі нових та вдосконаленні відомих методів, пристроїв та алгоритмів формування сигналів-носіїв діагностичних ознак, які у поєднанні з використанням сучасних ІТ- технологій здатні забезпечити регламентовані показники точності, функціональної надійності та ефективності радіонавігаційного обладнання посадкових систем за умови дії широкого спектру несправностей. Проблема проектування пристроїв відновлення повноформатного вектора стану посадкової системи сантиметрового діапазону за результатами неповних спостережень в присутності порушень працездатності окремих функціональних підсистем вирішувалась з залученням базових принципів та методів системного аналізу і синтезу. Запропонована науково обґрунтована концепція, згідно якої переважна більшість прикладних задач синтезу пристроїв та алгоритмів формування сигналів-носіїв діагностичних ознак може бути розв'язаною за допомогою спеціальних методів обробки сигналів, орієнтованих на кількісні математичні моделі

досліджуваних систем. Надане обґрунтування наукового підходу, згідно якого основна увага в дослідженні зосереджена не стільки на добре досліджених пристроях відновлення Калмана та О'Рейлі-Луенбергера, скільки на їх реконструкції у відповідності до вельми специфічних задач функціональної діагностики динамічних систем реального часу. Розвитку дістали теоретичні основи модельно-орієнтованих діагностичних відновників, порядок яких співпадає з порядком контрольованої системи. Запропонована модифікована структура пристрою відновлення повного порядку з невизначеними входами. Встановлені та доказані умови існування таких відновлювальних пристроїв. Запропоновано альтернативний метод виводу рівнянь для фільтра Калмана з статистично-невизначеними входами, який базується на означенні функціонального відновника у формі О'Рейлі - Луенбергера, що дає можливість у спрощений спосіб контролювати збіжність процесу фільтрації та його оптимальність. Запропонована математична модель сенсорної підсистеми, яка отримана шляхом реконструкції номінальної моделі каналу спостережень і здатна зберегти працездатність у широкому діапазоні співвідношень сигнал/шум у стандартному фільтрі Калмана. Подальшого розвитку набули теоретичні основи синтезу пристроїв відновлення вектору стану лінійної динамічної системи, стійких щодо дії несправностей у каналі спостережень на основі байесового підходу. Подальшого розвитку набули метод сукупного виявлення та ідентифікації раптових змін у окремих складових вектора стану лінійної дискретної системи де невідомими величинами є час появи несправностей та їх інтенсивність та метод виявлення множинних несправностей у підсистемах об'єкта контролю та їх роздільного оцінювання у межах геометричного підходу. Запропонована методологія синтезу локально-оптимального розщепленого фільтра Фрідланда, виходи якого еквівалентні виходам розширеного фільтра Калмана за умови дотримання певних обмежень. Приведена методологія відрізняється відмовою від принципу автономності складових розщепленого фільтра та охоплені їх системою перехресних зв'язків, уведенням додаткового корегувального входу, що скеровується окремим фільтром орієнтованим на оцінку несправностей. У межах розробленої методології, дістали обґрунтування методи синтезу локально - оптимального трьох каскадного фільтра розщепленого типу та метод синтезу системи розщеплених фільтрів робастного типу, який базується на припущенні повної відсутності ймовірнісного опису системних несправностей та збурень і представленні їх довільними функціями часу. Основні результати дисертаційної роботи, що присвячені практичним аспектам теорії функціональних відновників діагностичного типу, представлені прикладом авіаційної системи посадки сантиметрового діапазону. Розроблена номінальна математична модель динаміки зміни кута місця повітряного судна у процесі виконання посадкового маневру. В рамках байесової концепції виконано порівняльне дослідження якісних показників оптимальних, квазіоптимальних та адаптивних фільтрів з різним ступенем захисту від аномальних похибок у кутомірного каналі в залежності від доступної апріорної інформації. Досліджені характеристики точності оцінювання параметрів траєкторії повітряного судна на етапі вирівнювання для двох різновидів робастних структур, побудованих на основі модифікованих фільтрів Фрідланда та Кітанідіса. Поеднання результатів стендових напівнатурних випробувань з результатами статистичного моделювання та використанням номограм виграшів у точності оцінювання за наявності несправностей, як у каналі спостережень так і у підсистемі «об'єкт-регулятор», дозволило сформулювати обґрунтований набір алгоритмів високонадійної фільтрації з урахуванням конкретних вимог для кожного, окремо взятого випадку.

2. The dissertation work is devoted to the solution of the actual scientific and technical problem - development of new and improvement of known methods, devices and algorithms of formation of diagnostic signs signals-carriers, which in combination with the use of modern IT-technologies are able to provide regulated indicators of accuracy, functional reliability and efficiency of landing systems radio-navigation equipment under the influence of wide range faults. The designing devices problem for restoring the full-format state vector of a centimeter-range landing system based on the incomplete observations results in the presence of individual functional subsystems performance violations was solved with the involvement of basic principles and methods of system analysis and synthesis. The scientifically substantiated concept according to which the overwhelming majority of devices synthesis applied problems and formation algorithms of diagnostic signs signals-carriers can be decoupled by means of signal processing special methods oriented on quantitative mathematical models of the investigated

systems is offered. The substantiation of the scientific approach is provided, according to which the main attention in the research is focused not so much on the well-known Kalman and O'Reilly-Luenberger observer devices, as on their reconstruction in accordance with very specific tasks of functional diagnostics of real-time dynamic systems. The theoretical foundations of model-oriented diagnostic observers whose order coincides with the order of the controlled system have been developed. Proposed modified structure of the full-order resumption device with uncertain inputs. Established and proved conditions for the existence of such observers. An alternative method of derivation of equations for the Kalman filter with statistically uncertain inputs is proposed, which is based on the definition of the functional observer in the O'Reilly-Luenberger form. This makes it possible to control the convergence of the filtering process and its optimality in a simplified way. A mathematical model of the sensor subsystem is proposed, which is obtained by reconstructing the observation channel nominal model and is able to maintain operability in a wide range of signal-to-noise ratios in the standard Kalman filter. The theoretical bases of synthesis of devices for restoring the state vector of a linear dynamic system, stable with respect to the faults action in the observation channel on the basis of the Bayesian approach, were further developed. Methods of joint detection and sudden changes identification in the linear discrete system state vector individual components where the unknown values are the time of faults occurrence and their intensity, as well as the method of multiple faults detection in the control object subsystems and their separate evaluation within the geometric approach have acquired further development. We propose a methodology for synthesizing a locally optimal decoupled Freedland filter whose outputs are equivalent to those of the extended Kalman filter subject to certain constraints. The presented methodology differs by rejecting the principle of decoupled filter components autonomy and covering them with a cross-link system, by introducing an additional corrective input, which is controlled by a separate filter oriented to fault estimation. Within the developed methodology, the methods of synthesis of disjoint type locally-optimal three-cascade filter and the synthesis method of the robust type disjoint filters system have been substantiated. They are based on the assumption of complete absence of system faults probabilistic description and their representation by arbitrary functions of time. The main results of the dissertation work, which are devoted to practical aspects of the diagnostic type functional observers theory, presented by the example of a centimeter range air-craft landing system. A nominal mathematical model of the aircraft trajectory angle change dynamics during the landing maneuver is developed. A comparative study of qualitative characteristics of optimal, quasi-optimal and adaptive filters with different degrees of protection against anomalous errors in the angle channel depending on the available a priori information has been carried out within the framework of the Bayesian concept. The characteristics of the accuracy of estimation of aircraft trajectory parameters at the alignment stage for two types of robust structures based on modified Friedland and Kitanidis filters are investigated. Combining the results of bench semi-natural tests with the results of statistical modeling and the use of gains nomograms in estimation accuracy in the presence of faults, both in the observation channel and in the subsystem "object-regulator", allowed us to form a reasonable set of algorithms for high-reliability filtering taking into account specific requirements for each individual case.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Volovik A., Krylik L., Kobylanska I., Kotyra A., Amirgaliyeva S. Methods of stochastic diagnostic type observers. Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments. 2018. Vol. 108082X4; 7 pages.

- Volovyk A., Kychak V. Detection Filter Method in Diagnostic Problems for Linear Dynamic Systems. *Visnyk NTUU KPI Serii A – Radiotekhnika Radioaparato-buduvannya*. 2021. Iss. 84. P. 30–39.
- Volovyk A., Kychak V., Havrilov D. Discrete Kalman Filter Invariant to Perturbations. *Acta Polytechnica Hungarica*. 2021. Vol 18. No 10. P. 21–41.
- Volovyk A., Kychak V., Osadchuk A., Zhurakovskiy B. Fault Identification in Linear Dynamic Systems by the Method of Locally Optimal Separate Estimation. In: Klymash, M., Luntovskyy, A., Beshley, M., Melnyk, I., Schill, A. (eds) *Emerging Networking in the Digital Transformation Age. Lecture Notes in Electrical Engineering*, Springer, Cham. 2022. vol 965. P. 634–651.
- Volovyk A., Pyrih Y., Urikova O., Masiuk A., Shubyn B., Maksymyuk T. Dynamic System State Estimation with a Resilience to Observation Data Anomalies. *Contemp. Math*. 2024. Vol 5. Iss 1 P. 1–18.
- Volovyk A. Synthesis of quasi-optimal fast filters by the least square criterion. *Advanced Information Systems*. 2023. V. 7. № 2 P. 21–27
- Кичак В. М., Воловик Ю. М., Воловик А. Ю., Шутило М. А., Загорський В. В. Оптимальна фільтрація різноточних кутових вимірювань в системі посадки сантиметрового діапазону. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2011. № 3 Т.1. С. 154–161.
- Воловик Ю. М., Воловик А. Ю., Шутило М. А., Загорський В. В. Адаптивна фільтрація різноточних кутових вимірювань в системі посадки сантиметрового діапазону. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2012. № 4. Т.1. С. 62–69.
- Воловик Ю. М., Воловик А. Ю., Шутило М. А., Загорський В. В. Квазі-оптимальна фільтрація різноточних кутових вимірювань в системі посадки сантиметрового діапазону. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2012. № 3. Т.1. С. 110–117.
- Воловик А. Ю., Кичак В. М. Основи теорії функціональних відновлювачів діагностичного типу. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2018. № 3. С. 109–118.
- Воловик А. Ю., Осадчук О. В., Червак О. П., Шутило М. А. Оптимальне оцінювання систематичних похибок при виконанні комплексних спостережень. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2017. №4(251). С. 214–218.
- Воловик А. Ю., Осадчук О. В., Васильківський М. В., Червак О. П., Шутило М. А. Діагностика раптових змін у динаміці об'єктів контролю. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2018. № 1(257). С. 88–93.
- Воловик А. Ю., Гаврілов Д. В., Мозговий В. С. Розробка моделі траєкторних спостережень для авіаційної посадкової системи *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2018. № 6(267). С. 173–182.
- Воловик А. Ю., Гаврілов Д. В. Апроксимація розширеного фільтра Калмана паралельною двокаскадною структурою. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2019. № 4. С. 107–115.
- Васильківський М. В., Воловик А. Ю., Паламарчук Р. П. Метод оцінювання джитеру в цифрових радіоприймальних пристроях. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2019. № 2(271). С. 167–173.
- Воловик А. Ю. Адаптивне оцінювання параметрів руху повітряного судна у режимі дотримання заданої посадкової траєкторії. *Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія*. Львів. 2022 Вип. 2. № 2. С. 67–78. DOI: <https://doi.org/10.23939/ictee2022.02.067>.
- Воловик А. Ю. Адаптивне оцінювання стану динамічних систем за наявності несправностей у каналі спостережень. *Вчені записки таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Технічні науки*. 2022. Том 33(72). № 6 С. 35–42.
- Воловик А. Ю. Локально оптимальні робастні оцінки стану лінійних систем з невизначеними входами. *Вчені записки таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Технічні науки*. 2023. Том 34(73). № 2 2023 С. 56–61.
- Воловик А. Ю. Оптимальні оцінки вектора стану для дискретних стохастичних систем з невизначеними збуреннями та шумом. *Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія*. Львів. 2023. Вип. 3. № 2. С.

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення належного рівня надійності та гарантування заданого ступеню безпеки

Охоронні документи на ОПВ:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

5

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0114U003463, 0116U004710, 0117U000573, 0119U000296, 0119U000895, 0121U109722

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кичак Василь Мартинович
2. Vasyl M. Kychak

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дружинін Володимир Анатолійович
2. Volodymyr Druzhynin

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.12.13

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бойко Юлій Миколайович

2. Juliy Boyko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.12.13

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Хмельницький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071234

Місцезнаходження: вул. Інститутська, буд. 11, Хмельницький, Хмельницький р-н., 29016, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Політанський Руслан Леонідович

2. Ruslan Politanskiy

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.12.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Бобало Юрій Ярославович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Климаш Михайло Миколайович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Бешлей М.І.

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна