

СЕКЦІЯ 2

ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ

УДК 621.757

МЕТОД КАЛИБРОВКИ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЭП

Гураль Т.И., Генсницкая Т.Н., Овчар Н.И., Соболев В.П., Тягунов В.М., Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Киев, Украина

Современный уровень разработки и производства оптико-электронных приборов (ОЭП) с матричными и линейными приемниками изображения выдвигает достаточно жесткие требования к их калибровке, поскольку это напрямую связано с достоверностью получаемой информации. В процессе преобразования оптической информации оптико-электронным трактом возникают неизбежные искажения, обусловленные как оптическими элементами: дисторсия, кривизна поля и т.д., так и погрешностями сборки, а также искажениями, вносимыми электронным трактом. Для решения задачи калибровки ОЭП с несколькими приемниками изображения, нами предлагается методика проведения калибровки, математический алгоритм обработки данных и соответствующее метрологическое оборудование.

Для формирования изображения тест-объекта, расположенного на бесконечности, используется коллиматор с зеркальным объективом, выполненным в виде внеосевой параболы. Контролируемый ОЭП располагается на отдельном основании, имеющем возможность поворота вокруг двух взаимно перпендикулярных осей. Для точного позиционирования ОЭП, измерения взаимного расположения его фотоприемников и проведения калибровки предложено использовать: тест-объект в виде треугольной марки, устанавливаемый в фокальной плоскости коллиматора, контрольный элемент в виде многогранной призмы, закрепляемый на корпусе ОЭП, фотоэлектрический автоколлиматор (ФАК) и оптический клин.

Размер зон переналожения пикселей смежных фотоприемников ОЭП, углы между центрами осевых и краевых зон и наклон приемников относительно вертикальной оси предложено контролировать по измеренным значениям номеров пикселей на границах изображения треугольных зон марки тест-объекта коллиматора.

Измерение углов между нормальными к граням контрольного элемента и контролируемой зоной фотоприемника ОЭП производилось путем одновременного проецирования треугольной марки коллиматора в плоскость фотоприемной матрицы ФАК и на соответствующую зону фотоприемника ОЭП. Для отклонения светового пучка коллиматора на смежные фотоприемники ОЭП в плоскости, перпендикулярной плоскости главного сечения многогранной призмы КЭ, используется оптический клин, устанавливаемый в

два развернутых на 180° положения.

Ключевые слова: коллимационный измерительный комплекс, ОЭП, угловые параметры.

УДК 681.3

СУБПІКСЕЛЬНА ОБРОБКА ІНФРАЧЕРВОНИХ КОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

¹⁾Колобродов В. Г., ²⁾Лихоліт М. І., ²⁾Тягур В.М., ²⁾Харитоненко К.В., ¹⁾Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», ²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Однією з найважливіших задач дистанційного моніторингу Землі є підвищення якості зображень, яка визначається таким параметром як роздільна здатність. Роздільна здатність цифрового зображення, в свою чергу, визначається кількістю пікселів, з яких воно складається. Необхідність високої роздільної здатності звичайно супроводжується необхідністю захвату якомога більшої ділянки поверхні. Проте зменшення розміру пікселів та підвищення їх кількості обмежене технологічними факторами і пов'язане зі складностями функціонування та обробки.

Субпіксельна обробка дозволяє підвищити роздільну здатність зображення, не змінюючи розмір пікселів, тобто без зміни матричного приймача випромінювання. Синтез зображення з високою роздільною здатністю здійснюється на основі інформації, що міститься в групі кадрів з нижчою роздільною здатністю. Кадри містять зображення тієї самої ділянки місцевості, які зміщені на субпіксельні відстані по обом координатам.

Наявність різних типів шуму на зображеннях низької роздільної здатності є суттєвою проблемою для субпіксельної обробки, тому методи субпіксельної обробки постійно вдосконалюються і ускладнюються. Субпіксельна обробка є частиною більш загальної задачі відновлення зображень і її методи тісно взаємодіють з методами відновлення, тому було розроблено та використано загальну математичну модель процесу відновлення зображення.

Розглянута математична модель враховує спотворення, викликані проходженням випромінювання через атмосферу, рухом супутника та функцією розсіювання точки об'єктива. В більшості практичних випадків кількість кадрів є недостатньою для однозначного розв'язання поставленої задачі, що робить необхідним наявність апіорної інформації.

На основі аналізу існуючих методів відновлення зображень виявлено комбінацію операцій, які дозволяють розв'язати поставлену задачу для зображень з високим рівнем шуму. Із врахуванням особливостей отримання інфрачервоних космічних зображень при дистанційному зондуванні Землі здійснено субпіксельну обробку зображення, завдяки чому підвищено його

роздільну здатність.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, субпіксельна обробка зображення, роздільна здатність.

УДК 621:681.03

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВЫТЯЖКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СВЕТОВОДОВ

Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Артыков С.З., Эргашев Ф.А., Ташкентский Государственный технический университет, г.Ташкент, Республика Узбекистан

Диаметр волоконно-оптических световодов (ВОС) – один из основных показателей их оптико-физических свойства и качества, в связи с чем предъявляются повышенные требования к точности поддержания диаметра вытягиваемого световода.

Если несколько лет назад требования к точности поддержания диаметра ограничивались 3 мкм, то в настоящее время она должна составлять не более 1 мкм. Изменение диаметра ВОС обычно осуществляется при помощи изменения скорости вытяжки ВОС, подачи заготовки, температуры термоустановки и расхода инертного газа. Наибольшее распространение получил способ изменения диаметра ВОС за счет изменения скорости вытяжки при стабилизации остальных управляющих переменных состояния процесса. Обычные регуляторы не обеспечивают поддержание диаметра ВОС с требуемой точностью, т.к. не могут отслеживать изменение параметров ТП, обусловленное неоднородностями диаметра заготовки ВОС, температуры горячей зоны печи и расхода инертного газа, а также вызванное изменением соотношения масс «расплав-заготовка» и влиянием окружающей среды, а также другими факторами, т.е. не позволяют обеспечить требуемое качество управления вытяжкой ВОС. Для получения ВОС высокого качества от системы управления требуется гибкое изменение ее характеристик в соответствии с изменениями параметров управляемого процесса [1].

Оптико-физические характеристики и совершенство структуры световода в значительной мере зависят от отклонений диаметра. Стабильность диаметра ВОС в процессе вытяжки обеспечивается процессом формирования собственно световода. Изменение диаметра ВОС обычно осуществляется при помощи управления скоростью вытяжки волокна и подачи заготовки, регулированием температуры в термоустановке и расхода инертного газа. Наибольшее распространение получил способ управления диаметром путем изменения скорости вытяжки при одновременной стабилизации остальных управляющих переменных состояния технологического процесса (ТП)

Анализ способов стабилизации диаметра вытягиваемого ВОС, с точки зрения целенаправленности и эффективности воздействия, на процесс

показывает, что лучшие результаты получаются при поддержании диаметра с помощью изменения скорости вытягивания при постоянных значениях при постоянных значениях скорости потока инертного газа, температуры, скорости подачи заготовки.

Наиболее распространенным и высокопроизводительным способом, используемым при промышленном производстве ВОС, является вытягивание световода из предварительно изготовленной заготовки. С помощью механизма подачи заготовка медленно перемещается вниз и поступает в нагревательное устройство, где нижняя часть заготовки нагревается до температуры размягчения стекла и вытягивается в волокно, которое на выходе из высокотемпературной зоны охлаждается и затвердевает. На определенном расстоянии от нагревательного измерителя диаметра определяется диаметр вытягиваемого световода. Далее волокно поступает в фильеру, где происходит наложение полимерного покрытия. Нанесенное на волокно покрытие затем полимеризуется в печи полимеризации при нагреве или под действием ультрафиолетового излучения. Вытягивание ВОС осуществляется специальным вытяжным механизмом. Затем волоконно-оптический световод наматывается на приемную катушку. Лученные результаты показывают, что использование САУ для управления процессом вытяжки ВОС позволяет повысить точность поддержания диаметра по сравнению с существующими системами управления в несколько раз, увеличить повторяемость качественных характеристик ВОС на 12 % и исключить субъективные оценки оператора, поскольку параметры САУ корректируются автоматически.

Ключевые слова: волоконно-оптических световодов, ВОС, вытягивание.

Литература:

1. Юсупбеков Н.Р. Адаптивная система автоматического управления процессом вытяжки волоконно-оптических световодов / Н.Р. Юсупбеков, Ш.М. Гулямов, Ю.Р. Рашидов, П.М. Матякубова // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. - № 2.

УДК 681.7: 681.785.47

НОВИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ РОЗСІЮВАННЯ ОБ’ЄКТИВІВ ТА ВИРОБІВ НА ЇХ ОСНОВІ

*Камінський С.Ф., Лихоліт М.І., Тягур В.М., Казенне підприємство спеціального
приладобудування «Арсенал», м. Київ, Україна*

Такий параметр як коефіцієнт розсіювання об’єктиву входить до переліку основних параметрів якості об’єктиву і підлягає контролю при виготовленні та експлуатації об’єктивів та виробів на їх основі. Тому на озброєнні підприємств оптичного приладобудування та профільних науково-дослідних і конструкторських установ повинні бути методи та апаратура для визначення коефіцієнту розсіювання всього спектру об’єктивів та виробів на їх основі, які

виготовляються та використовуються в народному господарстві і в побуті.

В наш час методи визначення коефіцієнту розсіювання об’єктивів та виробів на їх основі регламентують декілька нормативних документів, дія яких поширюється як на проєкційні, так і на знімальні та спостережні об’єктиви, як візуальні, так і з фотоприймачами, що входять до складу фотографічних, кінознімальних, аерофотографічних і телевізійних апаратів та камер. Ці нормативні документи були прийняті в кінці 70-х - на початку 80-х років минулого століття і не відповідають вимогам нового часу, що характеризується бурхливим розвитком космічних досліджень з використанням засобів дистанційного зондування Землі, основним елементом яких є високоякісний довгофокусний об’єктив з великою входною апертурою. Визначення коефіцієнту розсіювання такого об’єктиву у відповідності з діючими нормативними документами приводить до значних витрат при виготовленні та експлуатації апаратури контролю, що використовується для цього, а в деяких випадках і зовсім неможливе.

Новий метод придатний для визначення коефіцієнту розсіювання об’єктивів як з малою так і з великою входною апертурою (збільшеною відносно існуючих нормативних документів майже в 5 разів з $1/5$ до $1/1,1$ внутрішнього діаметру фотометричної кулі) в центрі поля зору та по полю зору, при максимальному відносному отворі об’єктиву і при діафрагмуванні об’єктиву, з зменшенням не менше ніж в 2 рази відносної похибки вимірювання (до $\pm 5\%$ з можливістю подальшого її зменшення до $\pm 1\%$), включаючи і об’єктиви, конструкція корпусу яких виконана несиметричною для зменшення їх габаритно-вагових параметрів. Метод дозволяє також розширити функціональні можливості контролю в частині диференціації коефіцієнту розсіювання по елементам конструкції об’єктиву, які впливають на значення коефіцієнту розсіювання, і в частині вимірювання коефіцієнту розсіювання для різних кутових розмірів джерела випромінювання. Це дозволяє визначати кількість розсіюючих конструктивних елементів об’єктиву, порядок їх розташування вздовж оптичної осі об’єктиву та вклад їх коефіцієнтів розсіювання в значення коефіцієнту розсіювання об’єктиву.

Ключові слова: метод, об’єктив, контроль якості, коефіцієнт розсіювання.

УДК 681.7: 681.785.47

УСТАНОВКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ, У ВІДПОВІДНОСТІ З НОВИМ МЕТОДОМ, КОЕФІЦІЄНТУ РОЗСІЮВАННЯ ОБ’ЄКТИВІВ ТА ВИРОБІВ НА ЇХ ОСНОВІ

Камінський С.Ф., Лихоліт М.І., Тягур В.М., Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», м. Київ, Україна

Для визначення коефіцієнту розсіювання об’єктивів та виробів на їх основі

у відповідності з діючими нормативними документами, які прийняті в кінці 70-х - на початку 80-х років минулого століття використовуються спеціальні установки, в перелік основних частин яких входять фотометрична куля з двома отворами, що розташовані діаметрально протилежно, а її внутрішня поверхня освітлюється лампами, коліматорний об'єктив, встановлений в першому отворі (вихідному), за яким встановлюють виріб, що контролюється, імітатор чорного предмету, що розташований впритул до другого отвору кулі (вхідного), в який вставляють суцільні або кільцеві змінні сегменти, діаметри отворів яких забезпечують кутові розміри чорного предмету від 30' до 2°, і, встановлений за виробом фотоелектричний приймач з ірисовою діафрагмою та світлофільтром, фотострум якого вимірюється вимірювальним приладом.

Яскравість чорного предмету $\leq 0,001$ яскравості внутрішньої поверхні фотометричної кулі.

Фокусна відстань коліматорного об'єктиву дорівнює внутрішньому діаметру кулі.

Світловий діаметр коліматорного об'єктиву перевищує діаметр вхідного отвору об'єктиву виробу не менше чим на 10%.

Розсіювання коліматорного об'єктиву мінімальне, а його робочий відносний отвір не більше 1:5.

Похибка визначення коефіцієнту розсіювання до $\pm 10\%$ від значення, що вимірюється.

Для виробу з великими розмірами вхідного отвору об'єктиву, а відповідно і з великими фокусними відстанями об'єктиву, необхідно використовувати фотометричну кулю з великим вихідним отвором, а відповідно і з великим діаметром коліматорного об'єктиву, який буде мати велику фокусну відстань. Це приводить до великого діаметру фотометричної кулі, а відповідно до великих витрат на її виготовлення разом з коліматорним об'єктивом та імітатором чорного предмету і на її експлуатацію, так як значно збільшується споживана електрична потужність за рахунок більшої кількості ламп та необхідності в системі охолодження кулі.

В установці, що використовує новий метод визначення коефіцієнту розсіювання об'єктивів та виробів на їх основі, відсутні коліматорний об'єктив та імітатор чорного предмету, а фотометрична куля може бути і напівкулею, діаметр якої перевищує діаметр вхідного отвору об'єктиву виробу лише на 10%, причому похибка визначення коефіцієнту розсіювання зменшується до $\pm 5\%$, з можливістю подальшого її зменшення до $\pm 1\%$, одержана можливість вимірювати коефіцієнт розсіювання для різних кутових розмірів джерела випромінювання, що дозволяє визначати кількість розсіюючих елементів конструкції об'єктиву, порядок їх розташування вздовж оптичної осі об'єктиву та вклад їх коефіцієнтів розсіювання в коефіцієнт розсіювання об'єктиву.

Ключові слова: установка, об'єктив, контроль, коефіцієнт розсіювання.

УДК 681.7: 681.785.47

УДОСКОНАЛЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ, ПО НОВОМУ МЕТОДУ, КОЕФІЦІЕНТУ РОЗСІЮВАННЯ ОБ’ЄКТИВІВ ТА ВИРОБІВ НА ЇХ ОСНОВІ

Камінський С.Ф., Лихоліт М.І., Тягур В.М., Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», м. Київ, Україна

В перелік основних частин установки входить фотометрична куля з отвором, геометрична вісь якого горизонтальна і майже впритул до якого встановлюють на поворотному важелі виріб, що контролюється. Внутрішня поверхня кулі пофарбована білою матовою фарбою з високим коефіцієнтом відбиття і освітлюється лампами, які розміщені біля отвору кулі симетрично відносно нього. Діаметр отвору кулі може бути майже таким як і внутрішній діаметр кулі і повинен перевищувати діаметр вхідного отвору виробу не менше чим на 10%. Безпосередньо за отвором кулі розташована діафрагма, що може за потреби обмежувати пучок променів із нього. За виробом на поворотному важелі встановлено фотоелектричний приймач, що має діафрагму та світлофільтр і фотострум якого вимірюється вимірювальним приладом. Відстань між діафрагмою отвору кулі та вхідним отвором виробу можна збільшувати вздовж головного променя об’єктиву виробу, при встановленні центру діафрагми фотоелектричного приймача в довільну точку лінійного поля зображення об’єктиву виробу перпендикулярно цьому головному променю, до $L_{\max}$. При вхідній апертурі виробу ≥ 500 мм $L_{\max} \geq 16000$ мм і довжина установки велика.

Між виробом та діафрагмою фотоелектричного приймача, концентрично з нею, встановимо додаткову діафрагму або непрозорий екран, яка (який) може вводиться та виводиться, додаткова діафрагма (екран) вводиться з таким діаметром отвору (діаметром), щоб у місці її (його) введення відношення цього діаметру до відстані між фокальною площиною об’єктиву виробу і додатковою діафрагмою (екраном) було рівним відношенню отвору об’єктиву виробу, або додаткова діафрагма (екран) може бути рухомою (рухомим) з можливістю її (його) переміщення вздовж заднього фокального відрізка об’єктиву виробу та може вводиться і виводиться, а діаметр її отвору (його діаметр) повинен бути таким, щоб в одному із місць її (його) знаходження відношення цього діаметру до відстані між фокальною площиною об’єктиву виробу і додатковою діафрагмою (екраном) було рівним відношенню отвору об’єктиву виробу.

В результаті відстань $L_{\max}$ зменшена в 10 разів і більше, крім того одержана можливість визначати складові коефіцієнту розсіювання: складову, що створюється променями, які знаходяться за межами вихідної апертури об’єктиву та складову, що створюється променями, які знаходяться в межах вихідної апертури об’єктиву, а при рухомій додатковій діафрагмі (рухомому екрану) одержана можливість визначати без зміни кутового розміру джерела

випромінювання кількість розсіюючих конструктивних елементів об’єктиву виробу, порядок їх розташування вздовж оптичної осі об’єктиву та вклад їх коефіцієнтів розсіювання в коефіцієнт розсіювання об’єктиву виробу.

Ключові слова: установка, об’єктив, контроль, коефіцієнт розсіювання.

УДК 681.327.1.06

ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОПТИКО-СПЕКТРАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПОЛЬОВИХ ОБ’ЄКТІВ ТА СТВОРЕННЯ СПЕКТРАЛЬНОЇ БАЗИ ДАНИХ

Попов М.О., Ковальчук С.П., Пікулик В.І., Козлова А.О., Дугін С.С., Яценко В.О., Катковський Л.В., Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, м. Київ, Україна

З кожним роком все більше задач, що виникають у різних галузях людської діяльності, вирішується з використанням космічної інформації, отриманої методом дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Сьогодні на космічних орбітах працює понад 110 супутників ДЗЗ, які постачають великі обсяги знімків земної поверхні та розташованих на ній об’єктів різної просторової і спектрально-радіометричної якості.

Космічна інформація накопичується на Землі в спеціальних банках і базах даних, де вона обробляється, аналізується і класифікується. Основним методом класифікації космічних зображень є класифікація з навчанням. Цей метод потребує наявності репрезентів класів об’єктів, що розглядаються. У випадку багатоспектральних космічних зображень кожний такий репрезент має бути представлений набором опізнавальних ознак, насамперед, притаманною йому унікальною спектральною сигнатурою (сукупністю сигнатур).

В доповіді розглядаються принципи організації оптико-спектральних вимірювань польових об’єктів та створення спектральної бази даних. Формулюються основні вимоги до проведення оптико-спектральних вимірювань в польових умовах, описується процедура вимірювань за допомогою прецизійного спектрорадіометра FieldSpec3FR, аналізується практичний досвід проведення спектральних вимірювань в польових і камеральних (лабораторних) умовах.

Основна частина доповіді присвячена опису спектральної бази даних, яка створена в Науковому Центрі аерокосмічних досліджень Землі НАН України. Технічне забезпечення представлено базою даних (БД), системою управління базою даних (СУБД), локальною мережею ЦАКДЗ і центральним сервером АБД. БД спроектована на основі реляційної моделі представлення даних. БД і СУБД реалізовані в середовищі MS Access на основі макрокоманд і VBA.

Матеріал доповіді базується на результатах досліджень, проведених в рамках українсько-білоруського проекту № Ф41.2/022 “Розробка методичного забезпечення та електронної бази спектрально-часових характеристик

українських і білоруських полігонів дистанційного зондування Землі”, що виконується в 2012-2013 рр. за підтримки Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України та Білоруського республіканського фонду фундаментальних досліджень.

Ключові слова: автоматизований банк даних, база даних, система управління базою даних, реляційної моделі представлення даних.

УДК 621.383

ГРАНИЧНА ОСВІТЛЕНІСТЬ ЗОБРАЖУЮЧИХ ОЕП ІЗ БАГАТОЕЛЕМЕНТНИМИ ФОТОПРИЙМАЧАМИ

Кравченко І.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

Відзначається, що на відміну від традиційних фотоприймачів, для яких система опису параметрів і характеристик детально розроблена й використовується як при виробництві фотоприймачів так і розробці пристроїв на їхній основі, паспортизація багатоелементних фотоприймачів і систем неоднозначна.

Якщо розходження в способах завдання паспортної фотоелектричної чутливості різними виробниками в «В/ел» (Hamamatsu, Kodak), в «В» (Sony) приводить до ускладнення розробки систем, то неоднозначність в описі граничних характеристик (sensitivity) телевізійних камер уводить в оману користувачів і призводить до ситуацій, коли побудована на основі таких даних система не може виконувати поставлені перед нею завдання.

У російськомовних нормативних документах [1,2] граничне опромінення для телевізійних камер не входить у перелік параметрів, що підлягають випробуванню. Міжнародні нормативні документи [3] пропонують визначення опромінення (camera sensitivity) за рівнем -6дБ від рівня відеосигналу (тобто 50 шкали IRE або $0.35 \pm 0.05V$).

Вказується, що останнім часом частина виробників, особливо із країн Азії [4] указують значення чутливості камер не тільки без урахування вимог стандартів, але й без урахування фундаментальних співвідношень радіометрії, параметрів фотоприймачів.

Показується, що для ОЕП на основі матричних ПЗЗ фотоприймачів типу «Super HAD II» без АКП при часі накопичення 0.02с опромінення за критерієм 50IRE не може становити величину менш 1лк, а граничне опромінення за критерієм «С/Ш=1» - менш 0.01лк.

Ключові слова: гранична освітленість, зображення, телевізійна камера.

Література:

1. ГОСТ 23456-79. Установки телевизионные прикладного назначения.
2. ГОСТР 51558-2000. Системы охранные телевизионные. Общие технические условия и методы испытаний.

3. EN50132-2-1:1997. CCTV surveillance systems. Black and white cameras.
4. IR LED Color Camera QEB753D. User manual.

УДК 621.383

ПРО ПАРАМЕТРИ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ КАМЕР

Кравченко І.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

Незважаючи на широке використання, масове виробництво на сьогоднішній день відсутня єдина система паспортних даних на телевізійні камери.

Для опису просторової роздільної здатності камер систем, що зображують, у середовищі дослідників, оптиків використовується модуляційна передаточна функція як характеристика й гранична просторова частота як параметр. Гранична просторова частота оцінюється за рівнем 0.25. Такий поріг забезпечує критерій Релея для дифракційно обмеженої системи.

Для статичних (фотографічних) систем стандарт [4] передбачає три способи опису роздільної здатності:

1. Модуляційну передаточну функцію (Spatial Frequency Response). Обчислюється Фур'є-перетворенням «прикордонної» кривої.

2. Граничне розрізнення - значення частоти за рівнем 0.05 МПФ.

3. «Візуальне» розрізнення - значення частоти, на якій спостерігачем розрізняється тест таблицю у вигляді бінарних мир з гіперболічною огинаючою.

Для динамічних (телевізійних) систем нормативні документи описують роздільну здатність у телевізійних лініях (ТВЛ), виробники устаткування у ТВЛ або точках (pixels). Причому останнє значення виражається по числу точок у рядку або по загальному числу точок [1]. Ні російськомовні [2], ні міжнародні [3] нормативні документи не містять однозначного визначення даних термінів.

Класифікуються неоднозначності, що виникають при використанні зазначених критеріїв оцінки роздільної здатності. Розглядаються розбіжності, до яких приводять зазначені невизначеності.

Робиться висновок, що для динамічних систем критерії оцінки роздільної здатності телевізійних (тепловізійних) камер у вигляді значень ТВЛ, загального числа крапок не відбивають реальний роздільної здатності камер.

Ключові слова: роздільна здатність, ТВЛ, МПФ, відеокамера.

Література:

1. Марк Петерсон, Разрешающая способность и мегапиксельные объективы. - М.: Мост безопасности, 2010 – 218с.
2. ГОСТ 23456-79. Установки телевизионные прикладного назначения.
3. EN50132-2-1:1997. CCTV surveillance systems. Black and white cameras.
4. ISO12233-2000. Photography. Digital still picture cameras - resolution measurements.

УДК 621:628.94

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРОГОВИХ ЗНАЧЕНЬ ОСВІТЛЕНOSTІ ЗІНИЦІ ПІЛОТА ПРИ СПОСТЕРЕЖЕННІ ІНДИКАТОРА ГЛІСАДИ ПРИ РІЗНИХ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРАХ

¹⁾Колобродов В.Г., ²⁾Ліждвой О.Є., ¹⁾Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна, ²⁾Державне підприємство Науково-дослідний інститут “Квант”, м. Київ, Україна

Індикатор глісади (ІГ) є частиною оптико-електронного комплексу забезпечення посадки гелікоптера на палубу. Прилад призначений для формування світлових зон з певним розподілом кольорів у певному куті. Для виконання своїх функцій, яскравість випромінювання на виході має забезпечувати впевнене розпізнавання пілотом світлового сигналу на необхідній відстані від корабля за певних зовнішніх умов. ІГ, як правило, встановлюється біля злітно-посадкової площадки.

Незалежно від конструктивного виконання, формування випромінювання відбувається за рахунок певної кількості світлодіодів та оптичних систем, що зменшують кут випромінювання, підвищуючи силу світла світлодіодного модуля. Для забезпечення чітких меж кольорових полос використовуються діафрагми. ІГ має працювати за умов, при яких можлива посадки гелікоптера на палубу. Розрахунки дальностей виявлення вогнів ведуться при різних зовнішніх факторах.

Для виявлення світлового сигналу пілотом має бути забезпечене порогове значення освітленості зіниці пілота. Її значення залежить від кольору випромінювання, яскравості фону, на якому спостерігається сигнал, стану ока пілота, тощо.

При розрахунку дальності бачення кольорових світлових сигналів розрізняють світловий і кольоровий пороги. Кольоровий поріг це найменше значення освітленості зіниці, при якій починає впевнено сприйматися колір сигналу. Цей параметр є одним із основних для розрахунку дальності, оскільки сприйняття кольору є ключовим в роботі індикатора глісади. За вимогами ІСАО прилад забезпечує можливість пропорційного зменшення сили світла на виході задля уникнення осліплення пілота, особливо вночі.

Обчислення дальності бачення приладу з врахуванням кольорового сприйняття, за різних умов спостереження, дозволяє визначити потрібну силу світла на виході приладу. Це дозволяє встановити потрібну кількість світлодіодних модулів для забезпечення вимог по відстані виявлення світлового сигналу ІГ.

Ключові слова: гелікоптер, посадка, індикатор глісади.

УДК 535.4

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІБРИДНИХ МУЛЬТИФОКАЛЬНИХ ІНТРАОКУЛЯРНИХ ЛІНЗ

*Марченко В.О., Колобродов В.Г., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, катаракта різних видів є одним з найпоширеніших у світі захворювань очей людини. При наявності цієї вади зору відбувається помутніння власного кришталика ока і виникає необхідність його заміни на штучний – інтраокулярну лінзу (ІОЛ). Імплантат може забезпечити таку ж якість зображення, як і природний кришталик, але око при цьому втрачає здатність до акомодатії. Тому на сьогоднішній день актуальною задачею усіх ведучих виробників ІОЛ є створення мультифокального штучного кришталика, який за своїми оптичними характеристиками максимально наблизиться до природного.

За структурою і конструкцією розрізняють рефракційні однокомпонентні або багатокомпонентні мультифокальні ІОЛ, а також дифракційні та гібридні (дифракційно-рефракційні).

Гібридні ІОЛ мають ряд переваг за багатьма параметрами технологічності та якості зображення. Перший фокус або максимум 0-го порядку визначається радіусом кривизни рефракційної поверхні, а нанесений на неї дифракційний профіль кільцевих зон забезпечує наявність одного чи двох додаткових фокусів в –1-му та +1-му порядках дифракції. Розподіл енергії між фокусами залежить від конфігурації та глибини профілю. Відстань між максимумами, а отже положення максимуму +1-го порядку на сітківці для ближнього бачення, регулюється радіусом кільцевих зон.

В роботі проведено порівняльний аналіз функцій розсіяння точки та модуляційних-передавальних функцій гібридних ІОЛ із трикутним і прямокутним (бінарним) дифракційним профілем при різній глибині рельєфу. У випадку трикутного профілю, у кожний із двох максимумів фокусується 40% загальної світлової енергії, яка потрапляє в око. Бінарний профіль забезпечує розподілення 29% енергії між трьома фокусами. Такий контраст зображення є допустимим для ІОЛ завдяки адаптаційним можливостям сітківки ока людини.

Основною перевагою гібридних ІОЛ є те, що навіть при малому діаметрі зіниці залишаються відкритими принаймні декілька центральних зон Френеля і мультифокальність лінзи зберігається. Це дає можливість часткової компенсації втрати здатності ока людини до акомодатії та зменшує необхідність післяопераційного коригування зору.

Ключові слова: інтраокулярна лінза, дифракційний рельєф, зони Френеля.

УДК 621.382

ВПЛИВ ОПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХОНЬ ОБ'ЄКТУ НА АНАЛІЗ ЙОГО ТЕПЛОВОГО СТАНУ

Микитенко В.І., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна

Аналіз теплового стану наразі стає одним з основних методів забезпечення безпечної експлуатації складних технічних об'єктів. Якщо об'єкт є великим і містить багато елементів з різними тепловиділеннями, то його термодіагностика значно ускладнюється і потребує використання переносних тепловізійних систем. Візуальна інтерпретація тепловізійних зображень складних за формою та зовнішнім температурним розподілом об'єктів супроводжується суттєвими помилками. Основним джерелом цих помилок є попадання в поле зору тепловізора, відбитого від холодних ділянок об'єкту випромінювання гарячих ділянок.

Метою проведеного дослідження були оцінка впливу відбитого інфрачервоного випромінювання на формування візуального образу об'єкта, а також розробка методів покращення якості термодіагностики. Найінформативнішими спектральними діапазонами випромінювання більшості об'єктів є (3 - 5) мкм, (8 - 14) мкм. Відповідні електромагнітні хвилі добре відбиваються фарбованими та іншими відносно гладкими поверхнями. Найбільш корисною з огляду на вирішувану задачу відмінністю між відбитим і безпосередньо випроміненим потоками є ступінь поляризації. Була розроблена спрощена розрахункова модель формування тепловізійного зображення об'єкту складної форми. Модель складається з двох плоских ламбертівських випромінювачів (1,2, рис.1), що утворюють змінний кут α і можуть повертатися навколо вісі 3. Крім того,

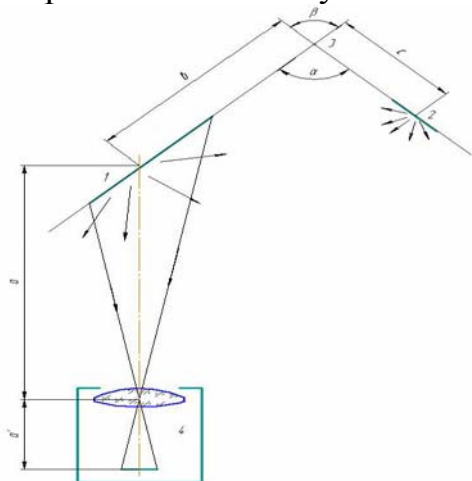


Рис. 1 Схема моделі: 1 – об'єкт спостереження; 2 – джерело завад; 3 – вертикальна вісь; 4 - тепловізор

враховувались також геометричні співвідношення, які задані величинами a' , a , b , c . Модель дозволяє задавати різні коефіцієнти випромінювання і відбивання поверхонь. Проведені розрахунки показали, що в ряді випадків відбите випромінювання дійсно створює зображення, контраст якого перевищує контраст ділянки, що спостерігається. Поляризація випромінювання теж має місце і в принципі може використовуватись для видалення з сигналу завади. Також показано, що використання допоміжного телевізійного каналу може підвищити завадостійкість системи.

Ключові слова: термодіагностика, багатоканальні оптико-електронні системи, моделювання фоноцільової обстановки, підвищення завадостійкості.

УДК 621.384.3

ОСОБЕННОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ С БОЛЬШИМ ДИАПАЗОНОМ ЯРКОСТЕЙ ПРИ ЦИФРОВОЙ ФОТОСЪЁМКЕ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

*Колобродов В.Г., Пивторак Д.А., Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

Для снижения потерь информации при регистрации цифрового изображения объекта с большим диапазоном яркости широкое распространение получила технология HDR (High Dynamic Range Image). Обычно, изображения с высоким динамическим диапазоном формируются из нескольких SDR (*Standard Dynamic Range*) или LDR (*Low Dynamic Range*) изображений, полученных в результате съёмки одного и того же сюжета при разных уровнях экспозиции. Известные методы формирования HDR-файлов имеют недостатки, снижающие эффективность цифровой съёмки в реальных условиях применения фотоаппаратуры, характеризующихся наличием сдвига во время экспонирования, а также при использовании, наряду с брекетингом эффективной выдержки затвора, брекетинга светочувствительности и относительного отверстия объектива.

В работе рассмотрен способ формирования и последующей регистрации HDR изображения объекта фотографирования из нескольких изображений LDR, полученных в реальных условиях цифровой съёмки. Для построения результирующего изображения используются наиболее информативные элементы исходных изображений, что позволяет максимально снизить негативное влияние внешних факторов. Используя данные о параметрах камеры и условиях съёмки, с учётом кривой отклика, цифровое значение каждого пикселя каждого LDR изображения пересчитывается в значение, пропорциональное реальной яркости соответствующему ему участку объекта фотографирования. Для каждого пикселя каждого цифрового изображения рассчитывается или измеряется значение параметра, определяющего эффективность фотосъёмки. Одновременно с этим, для каждого пикселя каждого цифрового изображения, рассчитывается весовой коэффициент, пропорциональный значению параметра, определяющего эффективность фотосъёмки для данного пикселя. На основании полученных данных, для участков объекта фотографирования, соответствующих каждому пикселю, проводится расчёт значения соответствующей ему яркости объекта фотографирования. Результирующее HDR-изображение формируется в результате суммирования приведенных к реальной яркости изображений объекта, полученных при разных экспозициях. При этом наиболее информативные элементы каждого изображения при суммировании берутся с максимальным весовым коэффициентом.

Ключевые слова: цифровая камера, брекетинг, экспозиция, HDR, изображение.

УДК 535.421

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ КОНТРАСТУ ЗОБРАЖЕННЯ КІНОФОРМНОГО ЕЛЕМЕНТА

*Сірий Є.А., Колобродов В.Г., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Сучасна методика проектування кіноформних елементів (КЕ) робить можливою заміну рефракційних компонентів оптичної системи дифракційними, що призводить до зменшення масогабаритних та економічних параметрів. Рефракційно-дифракційне компонування набуло особливого поширення в тепловізійних системах, котрим характерна обмеженість оптичних матеріалів, прозорих в інфрачервоному діапазоні. Також інфрачервоні КЕ мають більш технологічну мікроструктуру поверхні, ніж КЕ для роботи у видимій області спектру.

Як відомо, мікроструктура КЕ розраховуються для заданих довжини хвилі і дифракційного порядку та має вигляд концентричних періодичних зон-канавок, ширина котрих стрімко зменшується при збільшенні апертури. В результаті цього дифракційна ефективність (ДЕ) такого елемента в заданому порядку може значно зменшуватися в залежності від довжини падаючого випромінювання і періоду між зонами. Пониження ДЕ відбувається за рахунок розсіювання падаючого випромінювання в неробочі порядки та зумовлює появу фонового освітлення, котре понижає контрастність зображення.

Було розраховано германієвий КЕ, котрий освітлюється нормально падаючою плоскою хвилею в інфрачервоному діапазоні 8–12 мкм. Спектральний розподіл ДЕ такого елемента перевищує 79%. Для розрахункової довжини хвиль 10 мкм контрастність в площині зображення в першому дифракційному порядку становила 1, для 8 мкм – 0.6, для 12 мкм – 0.8. Крім того, такий елемент характеризується значним хроматизмом.

З метою зменшення втрат на розсіювання і підвищення ДЕ та контрасту зображення було змодельовано багатопорядковий ахроматичний КЕ, глибина канавок котрого по відношенню до попередньої моделі збільшилась в 12 разів, а ширина – в 3.5.

Було встановлено, що майже все падаюче випромінювання із заданого спектрального діапазону фокусується в 10, 11, 12, 13, 14, 15 дифракційних порядках, піки котрих припадають на довжини хвиль 12, 10.909, 10, 9.231, 8.571 та 8 мкм відповідно.

Таким чином, для значної частини обраного спектрального діапазону контрастність зображення підвищено до 1.

Ключові слова: кіноформний елемент, дифракційна ефективність.

УДК 535.8+519.6

ВИКОРИСТАННЯ АСФЕРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ФОРБСА В ОПТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Сокурєнко В. М., Сокурєнко О. М., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Тип асферичних поверхонь, що описується степеневим рядом з парними степенями складових від радіальної координати (апертури), є визнаним стандартом в оптичній промисловості ще з початку минулого століття. В останнє десятиліття завдяки розширенню можливостей програмного забезпечення з проектування оптичних систем, а також розвитку технології виготовлення та контролю асферичних поверхонь, оптики-конструктори все частіше почали застосовувати в оптичних системах асферичні поверхні з кількістю коефіцієнтів, більшою за 10 (зі степенями складових, що перевищують 20). Однак, при цьому неминує виникає проблема, зумовлена необхідністю збільшення кількості значущих цифр для коефіцієнтів та недостатньою розрядністю поширеного для дійсних чисел формату *double* (з подвійною точністю).

Для подолання зазначеної проблеми в 2007 році Грег Форбс (*Greg Forbes*) запропонував альтернативне математичне представлення асферичних поверхонь з осью симетрії – так звану асферику *Q*-типу. Її перший різновид (Q_{con}) має повністю ортогональний базис. Це дозволяє подолати погану зумовленість матриць під час розрахунків, сприяє можливості визначення допусків на параметри асферичної поверхні та поліпшує процес оптимізації систем з такими поверхнями, адже включення нових складових вищих порядків не призводить до зміни оптимальних значень коефіцієнтів складових нижчих порядків. Другий різновид асферичних поверхонь Форбса (Q_{bfs}) дозволяє обмежити допустиме відхилення поверхні від найближчої сфери. Тому його доцільно використовувати для розроблення «помірних» асферичних поверхонь, форму яких можна контролювати інтерферометричними засобами, ефективними з точки зору витрат.

Дана робота присвячена особливостям «інтегрування» зазначеного типу асферичних поверхонь в розроблене авторами програмне забезпечення з автоматизованого проектування оптичних систем, а також попередньому дослідженню корекційних можливостей таких поверхонь.

В доповіді представлені приклади асферизації конкретних оптичних систем. Отримані результати вказують на суттєві переваги нового типу асферичних поверхонь в порівнянні зі традиційним степеневим представленням для створення оптичних систем з поліпшеною якістю зображення.

Ключові слова: оптична система, асферична поверхня, асферику *Q*-типу, асферику Форбса, ортогональні поліноми, автоматизоване проектування, якість зображення.

УДК 528.8.041.3

МІКРОБОЛОМЕТРИЧНА МАТРИЧНА КАМЕРА ДАЛЬНЬОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ ДЛЯ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

¹⁾ Попов М.О., ²⁾ Ліхоліт М.І., ¹⁾ Станкевич С.А., ²⁾ Тягур В.М., ¹⁾ Титаренко О.В., ¹⁾ Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, м. Київ, Україна, ²⁾ Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», м. Київ, Україна

Ефективність космічної зйомки залежить від робочого спектрального діапазону бортової апаратури. Зараз в космічному спостереженні Землі склався певний дефіцит даних дальнього інфрачервоного (теплого) діапазону середньої просторової розрізненності. Адже такі дані дуже затребувані при пошуку корисних копалин і енергоносіїв, контролі екологічного стану та виявленні джерел забруднень навколишнього середовища, оцінюванні сільськогосподарських та лісових насаджень, моніторингу надзвичайних ситуацій, тощо [1].

Сучасні супутникові системи дальнього інфрачервоного діапазону будуються, переважно, на базі охолоджуваних багатоелементних фотоприймачів HgCdTe. Але зараз дісталось технологічної зрілості нове покоління фотоприймачів дальнього інфрачервоного діапазону – мікроболометричні матриці. Їх перевагою є відмова від кріогенного охолодження фотоприймача, що значно спрощує конструкцію знімального приладу і дозволяє покращити його масо-габаритні характеристики. Широкий діапазон спектральної чутливості сучасних мікроболометричних матриць дозволяє одночасно реєструвати кілька окремих спектральних інфрачервоних зображень суміжних інтервалів в діапазоні 7-14 мкм.

Головною проблемою при створенні супутникової мікроболометричної матричної камери є недостатня просторова розрізненність при заданому полі огляду. Так, при ширині смуги огляду 95 км із застосуванням мікроболометричної матриці з 640 фотодетекторами в рядку забезпечується розрізненність 148 м на місцевості, що замало для вирішення багатьох тематичних задач.

Для підвищення просторової розрізненності пропонується у кожному спектральному діапазоні формувати кілька кадрів, зображення яких зміщено між собою на певну долю пікселя за рахунок руху космічного апарату відносно поверхні Землі. Спільне оброблення зміщених між собою зображень однієї і тій же сцени дозволить підвищити просторову розрізненність на місцевості до кращої за 100 м, що наближує характеристики такого приладу до показників сучасних світових зразків.

Ключові слова: космічна зйомка, супутникові системи дальнього інфрачервоного діапазону, мікроболометрична матрична камера.

Література:

1. Попов М.О., Ліхоліт М.І., Станкевич С.А., Полежаєв В.В., Тягур В.М., Титаренко О.В. Перспективи використання інфрачервоного аерознімання для вирішення природоресурсних і

спеціальних задач // Матеріали науково-практичної конференції “Наукові аспекти геодезії, землеустрою та інформаційних технологій”.- Київ: ІЗІТ НАУ, 2011.- С.33-39.

УДК 520.36

ЗОБРАЖУЮЧИЙ СТОКС-ПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

*Синявский І.І., Іванов Ю.С., Головна астрономічна обсерваторія НАН України,
м. Київ, Україна*

При проведенні різних поляриметричних досліджень протяжних об'єктів, оптичне випромінювання яких має просторово-часову нестабільність, поляризацію світлової хвилі можна повністю описати чотирма параметрами (векторами) Стокса. Сьогодні існує ряд завдань поляриметричних спостережень швидкоплинних процесів, при яких необхідно проводити вимірювання усіх векторів Стокса одночасно. До того ж поле зору астрономічного приладу повинно бути якомога великим. Такі завдання можуть вирішувати зображуючі Стокс-поляриметри.

У Головній астрономічній обсерваторії НАН України розробляється Стокс-поляриметр для телескопу Celestron з діаметром головного дзеркала 360 мм. Прилад дозволяє вимірювати, що найменше три параметри Стокса (I, Q, U) одночасно. Прилад складається з коліматора, що виконує функції часткової корекції польових аберацій телескопа, побудови зіниці телескопа і колімації світла. Як аналізатор поляризації в приладі використовуються поляризаційні плівки, встановлені у вихідній зіниці телескопа, що формується коліматором. Аналізатор складається з чотирьох сегментів з різною орієнтацією 0°, 45°, 90°, 135°, що утворюють чотири інформаційні канали. Для просторового поділу каналів використовуються чотири пари ахроматичних призм, розташованих позаду аналізатора. Для спектрального аналізу використовується набір змінних фільтрів, а також дифракційна ґратка, що працює на пропускання. Семикомпонентний камерний об'єктив будує 4 зображення неба в різних поляризаціях на ПЗЗ детекторі SBIG STL 1301E з розміром світлочутливої площадки 20,4x16,5 мм. Розмір плям в спектральному діапазоні 410- 850 нм для кожної точки в полі зору 18'x18' становить 32 мкм (концентрується > 95% енергії), що відповідає 2 пікселям матриці. Максимальне значення дисторсії оптичної системи Стокс-поляриметра становить 0,65%. Загальні характеристики приладу: телескоп – Celestron 91037-XLT; поле зору – 18'x18'; ефективна фокусна відстань телескоп- прилад – 1200 мм; відносний отвір – F/# 3,4; розмір зіниці – 24 мм, приймач випромінювання – SBIG STL 1301E; спектральний діапазон - 410 -850 нм; довжина приладу – 760 мм, вага – 6 кг.

Ключові слова :поляризація, зображуючий Стокс поляриметр.

УДК 623.4.084.7

ВЛИЯНИЕ В КООРДИНАТОРЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИЕМНИКА НА ДЕФОКУСИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЦЕЛИ

*Ткаченко Е.А., Казенное предприятие специального приборостроения „Арсенал”,
г.Київ, Украина*

Работа микрохолодильника, охлаждающего фотоприемник, оказывает заметное влияние на формирование температурных полей внутри координатора. Это влияние проявляется через локальное распределение температур среди оптических элементов и прилегающих к ним деталей, что приводит к изменениям оптических параметров системы. В результате неминуемо возникает термодифокусирование изображения цели в плоскости фотоприемника, и, как следствие, ухудшаются тактико-технические характеристики (ТТХ) координатора.

Главной задачей данной работы является оценка величины термодифокусирования, возникающего в процессе работы холодильника. Цель – разработка рекомендаций, выполнение которых позволит уменьшить термодифокусирование изображения цели на фотоприемнике и его негативное влияние на ТТХ.

Анализ величины термодифокусировки $\Delta S'_p$ осуществлялся расчетным методом с использованием выражения

$$\Delta S'_p = - \left\{ \sum_{k=1}^{k=p} h_k \left[\frac{h_k}{r_k} (\beta_{k+1}^* - \beta_k^*) - (\beta_{k+1}^* \alpha_{k+1} - \beta_k^* \alpha_k) - (n_{k+1} \alpha_{k+1} - n_k \alpha_k) \alpha_{rk}^* \right] + \right. \\ \left. + \sum_{k=2}^{k=p} n_k \alpha_k^2 d_{k-1} \alpha_{d_{k-1}}^* + \sum_{k=2}^{k=p} \alpha_k^2 d_{k-1} \eta_{k-1}^* \right\} \Delta t_k, \text{ которое позволяет оценить}$$

влияние на величину $\Delta S'_p$ температурных изменений каждого конструктивного параметра оптической системы. Данные о приращениях температур Δt_k были получены экспериментально путем измерения температуры оптических и механических деталей внутри координатора в течение всего рабочего временного интервала работы микрохолодильника.

Полученная таким методом зависимость $\Delta S'_p(t)$, где t – время, а также данные о величинах и временных изменениях каждого из слагаемых выражения $\Delta S'_p$, позволили выявить элементы, наиболее влияющие на дифокусирование изображения и выработать меры, направленные на уменьшение их влияние.

Ключевые слова: термодифокусирование, термостатирование изображения, ИК-координатор цели.

УДК 615.47:681.7

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРАДАНІВ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЕНДОСКОПІВ

Трембовецька Р.В., Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

В роботі [1] було показано результат моделювання чверть-хвильового градан-об'єктиву. Матриця дії градану [2] залежить від показника заломлення матеріалу градану вздовж оптичної вісі та коефіцієнта розподілу показника, які в свою чергу залежать від довжини хвилі випромінювання.

Встановимо залежність положення координати променя в площині зображення від оптичних характеристик.

Для комп'ютерного моделювання використовувалися градан об'єктив ГВ-1,0-80 $g_0 = 0.75 \text{ мм}^{-1}$, $n_0 = 1.72$; ГВ-1,5-80 $g_0 = 0.5 \text{ мм}^{-1}$, $n_0 = 1.72$; градан-транслятор ГН-1,0-180 $g_0 = 0.126 \text{ мм}^{-1}$, $n_0 = 1.54$, ГН-1,0-210 $g_0 = 0.080 \text{ мм}^{-1}$, $n_0 = 1.54$ при довжині хвилі $\lambda = 0.6328 \text{ мкм}$ [2].

В результаті розрахунку $g(\lambda)$, $n(\lambda)$ отримані наступні результати:

Довжина хвилі, мкм	ГВ-1,0-80	ГВ-1,5-80
$\lambda = 0,48$	$g = 0.75028$; $n = 1.745$	$g = 0.51019$; $n = 1.745$
$\lambda = 0,52$	$g = 0.75018$; $n = 1.736$	$g = 0.51012$; $n = 1.736$
$\lambda = 0,58$	$g = 0.75007$; $n = 1.726$	$g = 0.51005$; $n = 1.726$

Отримані оптичні параметри були використані для моделювання положення координати променя [2] $r(d) = r_0 \cdot \cos(g \cdot d) + \frac{n_{cp} \cdot \sin(\theta)}{n \cdot g} \cdot \sin(g \cdot d)$, при $r_0 = 1,5 \text{ мм}$, $\theta = 0^\circ$, $d = 12,32 \text{ мм}$ (та $8,378 \text{ мм}$).

Комп'ютерне моделювання положення координати променя в площині зображення показує: 1) на хід променя в градані-об'єктиві впливають показник заломлення матеріалу та коефіцієнт розподілу показника; 2) в вихідній площині градану положення координати променя не залежить від довжини хвилі випромінювання.

Ключові слова: градан-об'єктив, градан-траслятор; оптичні характеристики, коефіцієнт розподілу показника

Література:

1. Тези доповідей VII Всеукраїнської НПК «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2010). – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – т.1. с.60.
2. Т.Н. Хацевич, И.О. Михайлов Эндоскопы: Учебное пособие. – Новосибирск: СГТА, 2002. 196 с.

УДК 621.383

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ЗРЕНИЯ И СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ВИДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ЗЕМЛИ

Шевчик-Шекера А.В., Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, г.Київ, Україна

Информационная емкость (ИЕ) зрения и систем технического видения характеризует возможности этих систем преобразовывать максимальное количество информации, содержащееся в воспринимаемом потоке излучения.

Описанная А. Роузом методика оценки ИЕ для преобразователей оптического изображения, чувствительных в видимой и близкой инфракрасных областях спектра, является универсальной, и включает в себе расчет плотности потока квантов, создающих оптическое изображение. На сегодняшний день, опубликованы ряд научных работ, связанные с расчетом ИЕ тепловизионных систем, которые дополняют методику А. Роуза, учитывая фоновый пьедестал, присущий инфракрасным изображениям.

В результате значительных научных и технологических достижений в инфракрасной технике, микроэлектронике и микрокриогенике в настоящее время ведется активное изучение и создание систем регистрации миллиметрового/субмиллиметрового диапазона, длины волн которого охватывают диапазон $\lambda \approx 3\text{мм} - 30\text{мм}$ ($\nu \approx (0,1 - 10)\text{ТГц}$). Оценка и сравнение ИЕ таких систем с другими системами технического видения и зрением, по единой методике, является актуальной, и позволит оценить эффективность использования каждой из систем.

Проведен расчет и сравнение ИЕ различных систем видения в условиях теплового баланса Земли. Даны рекомендации по увеличению ИЕ систем технического видения.

Ключевые слова: информационная емкость, системы технического видения, зрение, тепловой баланс Земли.

УДК 621.384.3

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОКАНАЛЬНОЇ ОЕСС З ФУНКЦІЄЮ КОМПЛЕКСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Рибалко М.С., Микитенко В.І., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Ефективність ОЕСС, зазвичай, оцінюють за допомогою ймовірнісних характеристик виявлення та розпізнавання. Ймовірність сприйняття тепловізійного/телевізійного зображення є складною функцією, що залежить від характеристик об'єкта спостереження, зовнішніх умов спостереження,

характеристик загального зображення на екрані дисплея, характеристик ОЕСС, характеристик спостерігача. Існуючі моделі дозволяють оцінити ефективність окремих каналів ОЕСС, або ж якість зображення на екрані дисплея без врахування впливу комплексування на якість всієї системи.

Суть розробленого методу оцінки ефективності двоканалної ОЕСС з комплексуванням інформації полягає в оцінці вхідних та комплексованого зображень за допомогою показника успішності виконання задачі з подальшим розрахунком ймовірнісних характеристик ОЕСС згідно методики, що використовується в моделі NVThermIP. Саме комплексування здійснюється за допомогою піраміди Лапласа.

При оцінці комплексованого зображення за допомогою показника успішності виконання задачі, область частот, що відповідає кожному зображенню, розбивається на діапазони (октави), які співпадають з рівнями розкладу піраміди Лапласа. Значення показника для двох зображень в кожній октаві (на кожному рівні розкладу) розраховується за формулою:

$$TTPH = \int_{f_{xH}}^{f_{xG}} \left(\frac{C_{цїлі}}{\Phi PK_{системи}(f_x)} \right)^{1/2} df_x,$$

де f_x – горизонтальна просторова частота (мрад⁻¹), $\Phi PK_{системи}$ – функція порогового контрасту системи, $C_{цїлі}$ – перетворення Фур’є від модуляційного контрасту цілі на дисплеї.

В кожній октаві (на кожному рівні розкладу) знаходять кореляцію Пірсона ($r_{F,l}$) між комплексованим зображенням та вхідними. Показник успішності виконання задачі результуючого (комплексованого) зображення розраховують за формулою

$$TTP_{\Sigma} = \sum_l |TTP_{1,l} - TTP_{2,l}| r_{F,l}.$$

Результати розрахунків підтвердились даними експериментів.

Ключові слова: оптико-електронна система спостереження, комплексування, показник успішності виконання задачі.

УДК 681.784

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ МЕТОДОМ ФУКО АМЕТРОПІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ ФОКУСНОЇ ОБЛАСТІ ОКА

*Афончина Н.Б., Чиж І.Г., Сокурєнко В.М. Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

У попередніх публікаціях автори обґрунтували принцип дії рефрактометра, який оснований на використанні модифікованого тіньового методу Фуко. Суть методу полягає у виявленні ізодіоптрійних зон зіниці шляхом просторової

фільтрації променів, які виходять з ока, за допомогою мікродіафрагми, що пересувається вздовж оптичної осі. Вказаний метод раніше не застосовувався в офтальмоаберометрії. Перевагами цього методу можна вважати простоту апаратного і математичного забезпечення.

Метою даної роботи є експериментальна перевірка теоретично обґрунтованої можливості використання модифікованого методу Фуко для вимірювання аметропії та параметрів фокусної області ока на основі існуючої елементної бази. Основна задача роботи – експериментальне дослідження похибок вимірювання аметропії модифікованим методом Фуко.

Експериментальне дослідження виконувалося за допомогою спеціально створеної установки, яка являє собою макет рефрактометра, оснований на модифікованому методі Фуко. Для управління роботою експериментальної установки, виконання обчислювальних процедур та відображення текстових і графічних протоколів, що складаються за результатами вимірювань і обчислень, було розроблено спеціальне програмне забезпечення. Проведення досліджень похибок рефрактометрії на живому оці через його рухомість та постійну зміну оптичних характеристик було б некоректним. Тому для проведення експерименту використовувалася фізична модель оптичної системи ока, абераційні параметри якої є відомими. Аметропія в діапазоні $-4,5 \dots 4$ дптр моделювалася за допомогою зміщення імітатора сітківки моделі ока вздовж оптичної осі. Після цього здійснювався запис відеокadrів зображення на фотоприймачі у кожному з 179 вимірювальних положень. Для кожного з положень імітатора сітківки виконувалося по три серії вимірювань. За кожною серією отриманих відеокadrів визначалося положення АМД, яке відповідає площині найкращого зображення. За цим положенням розраховувалася аметропія, яка реально вимірювалася в ході експериментального дослідження. Експериментально отримані значення аметропії порівнювалися з розрахунковими. В результаті експериментального дослідження встановлено, що максимальна похибка вимірювання аметропії ΔA_R складає біля 0,27 дптр, а у середньому біля $\pm 0,18$ дптр, що є меншим за допустиму похибку визначення аметропії. Отримані результати підтвердили можливість використання модифікованого методу Фуко для вимірювання аметропії та довжини фокусної області оптичної системи ока.

Ключові слова: аметропія, метод Фуко, похибки, фокусна область

УДК 621.384.326

ПРОСТОРОВА РОЗДІЛЬНА ЗДАТНІСТЬ МЕДИЧНОГО ТЕПЛОВІЗОРА

Аль-Мзіраві А.М., Балінський Є.Г., Колобродов В.Г. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Сучасні тепловізори в якості приймача випромінювання використовують

мікроболометричні матриці, які працюють без систем охолодження. Такі тепловізори знаходять широке застосування в різних сферах діяльності людини, в тому числі і в медичній термодіагностиці. Важливою характеристикою тепловізорів є просторова роздільна здатність, яка визначається модуляційною передавальною функцією (МПФ) об'єктива і матричного приймача випромінювання (МПВ). Проблемі узгодження аберацій об'єктива і геометричних параметрів МПВ присвячено значну кількість робіт. Але в цих роботах не розглядається питання про вибір просторової частоти або значення МПФ, при яких узгоджуються аберації об'єктива і період структури пікселів МПВ.

Розглядається взаємозв'язок між радіусом кружка розсіювання об'єктива і періодом матриці пікселів МПВ при узгодженні МПФ об'єктива і приймача випромінювання. Запропоновано критерії узгодження МПФ об'єктива і МПВ. Перший критерій: рівність МПФ об'єктива і МПВ на рівні M_0 ; другий критерій: рівність МПФ об'єктива і МПВ на частоті Найквіста $\nu_N = 20 \text{ мкм}^{-1}$. Наведена залежність нормованого радіуса кружка розсіювання r_0/V_D об'єктива від значення контрасту узгодження M_0 .

Аналіз отриманих результатів узгодження МПФ об'єктива і МПВ показав, що МПФ тепловізора $M_2(\nu_N)$ при узгодженні за другим критерієм дозволяє отримати більше просторове розділення тепловізора, ніж за першим критерієм коли $M_0 = 0,5$.

Із запропонованих критеріїв видно, що узгодження за другим критерієм більш ефективне, ніж за першим критерієм на усіх просторових частотах, так як $M_{s2}(\nu_N) \geq M_{s1}(\nu_N)$. В той же час різниця $M_{s2}(\nu_N) - M_{s1}(\nu_N)$ незначна.

В подальшому доцільно дослідити узгодження параметрів об'єктива і МПВ за критерієм максимальної ширини ефективної геометричної смуги пропускання тепловізора. Аналогічний критерій ефективна шумова смуга пропускання широко використовується при дослідженні електронних пристроїв.

Ключові слова: тепловізор, матричний приймач, випромінювання, роздільна здатність, модуляційна передавальна функція.

УДК 535.241.63

ДИФФУЗНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОЙ ЯРКОСТИ НА СВЕТОДИОДАХ

Михеенко Л.А., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

В последнее время наблюдается интенсивное развитие прецизионных видеосистем с многоэлементными приёмниками излучения: цифровых фотоаппаратов, веб-камер, камер для оптической микроскопии, систем наблюдения и других. Дальнейшее усовершенствование таких систем

сдерживается недостаточным уровнем методов и средств измерения их энергетических характеристик, в первую очередь – приборов, создающих переменное яркостное поле высокой интенсивности и однородности в пределах значительной апертуры. Используемые для этой цели диффузные излучатели на основе интегрирующих сфер с галогенными лампами, хотя и отличаются высокими радиометрическими характеристиками, но имеют серьёзные недостатки: напряжённый температурный режим, низкую стабильность и высокое энергопотребление.

Существенно уменьшить отмеченные недостатки можно при использовании мощных светоизлучающих диодов. Применение светоизлучающих диодов в диффузных излучателях имеет ряд особенностей, связанных с узкой индикатрисой излучения, сильной температурной зависимости мощности излучения, своеобразной спектральной характеристикой и ряд других. Для проектирования диффузных излучателей обычно используется классическая методика, которая предназначена для стандартных источников – галогенных ламп. Особенности, присущие источникам косинусного типа в этой теории не учитываются. Целью данной работы является разработка и исследование математической модели диффузного излучателя переменной яркости на излучающих светодиодах и её экспериментальная проверка.

Автором получены и проанализированы основные зависимости, связывающие яркость выходной апертуры с радиометрическими и конструктивными параметрами светоизлучающих диодов, рассмотрены спектральные характеристики диффузного излучателя для различных источников излучения и покрытий интегрирующей сферы, выполнен метрологический анализ системы калибровки, предложены инженерные методы конструирования диффузных излучателей с заданными параметрами.

Ключевые слова: диффузный излучатель, светодиод, интегрирующая сфера.

УДК 629.78

СИСТЕМА РАДІОМЕТРИЧНОГО КАЛІБРУВАННЯ ЦИФРОВИХ ВІДЕОСИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ВИСОКОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

*Міхеєнко Л. А., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Однією з основних проблем розробки і вдосконалення нових цифрових відеосистем (ЦВС) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) високої роздільної здатності є вимірювання їх енергетичних характеристик і калібрування перед запуском. На думку фахівців, існуючі калібрувальні установки типу «Камелія» цю задачу вирішити не здатні і потрібна розробка нових систем, що забезпечують

більш високі енергетичні характеристики.

В доповіді розглядається запропонована автором принципово нова система калібрування ЦВС ДЗЗ високої роздільної здатності, що по своїм метрологічним характеристикам значно перевищує відомі калібрувальні установки. Система спирається на використання оригінального дифузного випромінювача змінної яскравості [1] та вторинного еталона яскравості нового типу [2] і забезпечує наступні параметри: яскравість вихідної апертури діаметром 0,2м, більше ніж 1000 Вт/ср.м^2 , при неоднорідності поля яскравості менше 0,5%, зміну яскравості в динамічному діапазоні $10^5..10^6$ з похибкою установки не більше 5%, спектральний діапазон – 0,4...2,2мкм.

Крім того в доповіді обговорюється математична модель запропонованої системи, аналізуються її метрологічні характеристики, розробляються рекомендації щодо проектування і абсолютизації вимірювань, вибору елементної бази. Наводяться також результати експериментального дослідження випромінювача змінної яскравості і вторинного еталона яскравості.

Робота буде цікава розробникам систем ДЗЗ нового покоління і спеціалістам в галузі прецизійної радіометрії.

Ключові слова: цифрова відеосистема дистанційного зондування Землі, оптична метрологія, енергетичне калібрування.

Література:

1. Михеенко Л. А., Боровицкий В. Н. Излучатель переменной яркости на основе сопряженных интегрирующих сфер // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2006. – №6. – с. 61 – 64.
2. Михеенко Л. А., Боровицкий В. Н. Вторичный эталон яркости на базе галогенной лампы с рассеивателем // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2008. – №3 – с. 61 – 64.

УДК 535.21

МЕТОДЫ ПАССИВНОЙ АТЕРМАЛИЗАЦИИ И АХРОМАТИЗАЦИИ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Кучеренко О.К., Муравьев А.В., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Оптические приборы часто работают в широком диапазоне температур окружающей среды. Этот диапазон может достигать $\pm 60^\circ\text{C}$ и более.

Известные каталоги содержат предложения по двухкомпонентным оптическим системам без учета влияния температуры на их основные характеристики. Авторами оценивается возможность одновременной ахроматизации и атермализации двухкомпонентных систем, предназначенных для работы в видимом диапазоне спектра, а также дать предварительную оценку предложенной методики для двухкомпонентных систем инфракрасного

диапазона. Эта многофакторная задача решалась с применением математического моделирования посредством программы Zemax. Расчеты проводились для типичных композиций, характеризующихся существенно разными фокусными расстояниями.

Исследования показали, что в видимом диапазоне спектра необходим подбор материалов несущей детали корпуса для определенных композиций оптических компонентов с целью синтеза атермального ахроматического узла. Даются примеры таких двухкомпонентных систем с указанием материалов несущей детали корпуса. Для обеспечения наилучшего согласования термофизических характеристик оптической системы и несущей детали корпуса необходимо рассчитывать параметры компенсатора по отношению к плоскости совпадающей с задней главной плоскостью оптической системы.

Следует обратить внимание на весьма большие значения термооптических постоянных для оптических материалов, работающих в инфракрасном диапазоне. Это обстоятельство затрудняет их применение в приборах, подвергающихся значительным изменениям температуры. В этом случае рекомендуется использовать термокомпенсацию основанную на применении нескольких деталей из материалов с разными значениями термооптических постоянных, либо рассчитывать композиции с положительными и отрицательными значениями оптических сил. Также уменьшить влияние температуры на такие системы можно применяя активные методы атермализации или термостабилизацию всей конструкции.

Анализ показал, что для узкого спектрального диапазона создание атермальных и ахроматических дублетов вполне реально.

Ключевые слова: оптическая система, ахроматизация, атермплизация.

УДК 681.7.013.8

ДОСЛІДЖЕННЯ ІМОВІРНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ОБ’ЄКТІВ МАЛОГО РОЗМІРУ В СИСТЕМАХ ІЗ ПОСЛІДОВНИМ СКАНУВАННЯМ

Захарченко В.С., Колобродов В.Г., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Застосування оптико-електронних систем із круговим оглядом є одним із основних напрямків створення систем спостереження як у військовій так і у цивільній техніці. Зображення отримане за допомогою послідовного сканування лінійним приймачем інфрачервоного діапазону характеризується великим рівнем шумів. При обробці отриманого сигналу за допомогою класичних методик імовірність пропуску об’єкту малого розміру із низьким контрастом значно збільшується, у зв’язку із чим постає задача аналізу імовірності виявлення об’єктів малого розміру при застосуванні методів нелінійної фільтрації та порівняння результатів обробки із відомими методами.

Для вирішення даної задачі запропоновано удосконалити математичну модель оптико-електронної системи спостереження із послідовним скануванням шляхом введення ланки адаптивного аналізу зображення за раніше запропонованим методом комбінованої нелінійної фільтрації та порівняти отримані результати із узгодженою лінійною фільтрацією зображення. Для аналізу імовірності виявлення об'єктів малого розміру, за умов спостереження не фоні із неоднорідним розподілом яскравості запропоновано використовувати розподіл Пірсона із k ступенями свободи, де k – кількість фонів присутніх у вікні аналізу зображення. Розподіл випромінювання неоднорідної ділянки визначатиметься функцією (1):

$$P_{U_{\phi eb}}(k, x, y) = \frac{\exp\left(-\frac{U_{\phi eb}(x, y)}{2\sigma_{\phi eb}}\right)}{2\Gamma(k/2)} \left(\frac{U_{\phi eb}(x, y)}{2\sigma_{\phi eb}}\right)^{\frac{k}{2}-1} \quad (1)$$

де $U_{\phi eb}$ – сигнал від випромінювання фону, $\sigma_{\phi eb}$ – СКВ випромінювання фону.

Порівняння імовірності виявлення при застосуванні нелінійної узгодженої фільтрації за умов спостереження на однорідному (рис. 1, а) та неоднорідному фоні (рис. 1, б) показує, що запропонований метод обробки сигналів майже не поступається лінійній узгодженій фільтрації при спостереженні об'єкту на однорідному фоні, а при спостереженні на неоднорідному фоні імовірність виявлення значно збільшується.

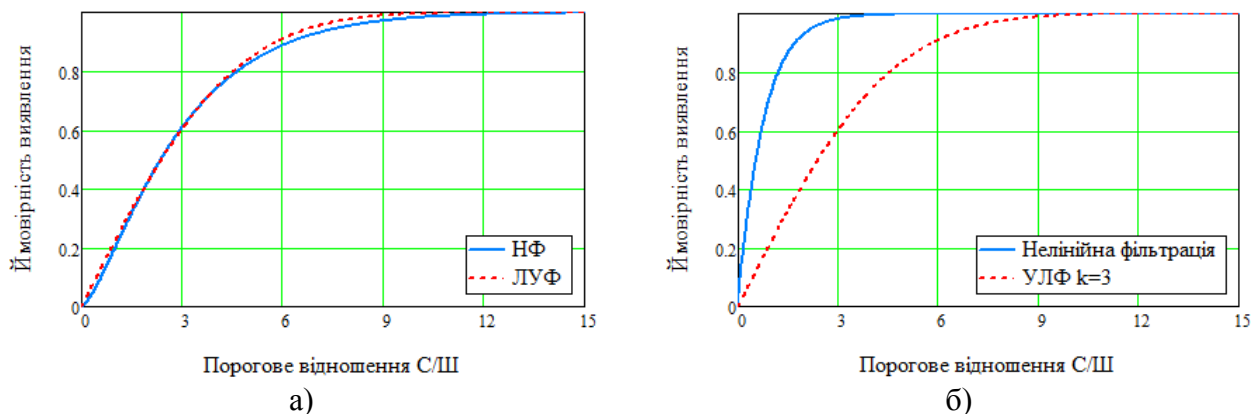


Рис. 1 Імовірності виявлення: а – однорідний фон; б – неоднорідний фон

В результаті проведених досліджень встановлено, що імовірність виявлення об'єктів при застосуванні комбінованої нелінійної фільтрації зростає на 15-20% у порівнянні з узгодженою лінійною фільтрацією при спостереженні об'єкту на неоднорідному фоні.

Ключові слова: оптично-електронна система спостереження, цифрова обробка зображень, вейвлет-перетворення.

УДК 004.932.2

МЕТОД ГЕНЕРУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО УЗОРУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ 3D-КООРДИНАТ У СИСТЕМІ КОМП’ЮТЕРНОГО ЗОРУ

*Швидкий С.В., Вельган Р.Б., Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів, Україна*

Стаття присвячена аналізу тріангуляційних методів і алгоритмів отримання 3D-координат в системі комп’ютерного зору. В статті проведений огляд активних методів отримання 3D-координат за результатами аналізу світлових узорів: метод муару («Moiré»), метод фазових зсувів, а також методи, які використовують кодоване структуроване світло. Головним методом, який розглядається є метод проектування за кодом Грея, на основі якого реалізовано новий вдосконалений метод – метод генерування композиційного узору.

За останні роки досліджень 3D-вимірювання форми і реконструкції стає все більш активним. Багато додатків вимагають безконтактного вимірювання топології поверхні. Один з найбільш широко використовуваних активних методів заснований на проєкціях структурованого світла. Загалом, це оптична, безконтактна технологія сканування, яка використовується для отримання 3D-координат. Як правило, тільки одна камера використовується для зображення проєкції з заданим шаблоном на вимірювальній поверхні, а також один РК-проектор. Проектор проєктує світловий шаблон, який може бути однією смугою, кількома смугами, однією світло-точкою, бінарним кодом, кодом Грея, синусоїдальною хвилею або будь-яким складеним узором на поверхні цільового об’єкту. 3D-координати знаходяться в очевидній деформації відображеного шаблону з однієї проєкції. Аналізуючи ці деформації ми можемо отримати інформацію про позицію, орієнтацію і текстуру поверхні, на яку був спроектований шаблон.

Всі вище перераховані методи мають багато переваг, але них і є і суттєві недоліки, а саме: вони вимагають щоб місце дії було статичним; є необхідність у пристроях позиціонування для розгорнення світло смуги по всій поверхні, і тому точність вимірювання залежить від точності позиціонування пристрою; чутливість до варіації зовнішнього коефіцієнта віддзеркалення (альbedo) або зовнішніх кольорових варіацій; точність складає порядку міліметрів; дорого в обчислюваному відношенні.

У даній статті розглядається реалізація методів створення узору фазових зсувів, коду Грея, поєднання коду Грея і фазових зсувів, а також створення нового вдосконаленого методу, в якому створюється композиційний узор за Грей кодом, за допомогою комбінування декількох узорів Грей коду в один складений узор. Оскільки цей метод заснований на частотній модуляції (кожен індивідуальний узор модулюється унікальною несучою частотою) він за своєю природою нечутливий до варіації інтенсивності.

Ключові слова: композитний узор, структуроване світло, фазові зсуви, код Грея, 3D-координати.

УДК 621.391.161

ФОРМИРОВАНИЕ ФОТОСИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО ПРИЁМНИКА.

Коваль С.Т., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

В любом оптико-электронном приборе пространственное распределение освещённости неизбежно должно быть преобразовано в одномерный временной электрический сигнал. Такое преобразование выполняется с помощью подвижных и неподвижных пространственных фильтров, находящихся в приёмном оптическом канале. В результате «сворачивания» пространственного фильтра с полем облучённости, создаваемой оптической системой, осуществляется важнейший процесс первичного кодирования, приводящий к образованию фотоэлектрического информационного сигнала. Так как фотоэлектрический сигнал главным образом определяется пространственными функциями оптического поля, пространственного фильтра и законом их относительного перемещения, то очевидно, что их варьированием можно получать различные одномерные сигналы и тем самым предопределять структуру и принцип работы прибора с различными выходными характеристиками. Более того, при известном или заданном законе распределения освещённости в плоскости расположения пространственного фильтра можно согласованным выбором топологии фильтра и типа сканирования создать систему с наилучшими выходными характеристиками. Такой случай имеет место, когда в качестве пространственного фильтра используется многоэлементный приёмник, а изображениями являются равномерно освещённые поля, разделённые прямолинейной границей, линейно-штриховые и синусоидальные миры, диафрагмы с круглыми и прямоугольными отверстиями, интерференционные полосы и т. д.

Используя пространственный и спектральный подходы для описания фотосигнала, были получены математические выражения для некоторых частных случаев. Проведенный анализ позволил выявить некоторые особенности и закономерности, на основе которых были сформированы полезные для практики выводы и рекомендации.

Ключевые слова: пространственный фильтр, растровая система, оптическая обработка.

УДК 535.826.001.24

SELECTION OF DIGITAL CAMERA FOR OPTICAL MICROSCOPE

Volodymyr Borovytsky, Optical Engineering Department, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

Implementation of digital cameras, image processing software and storing images

in digital form has opened a new era in optical microscopy. It makes possible to capture images, to improve their quality, to visualize, to store and to transmit them easy, fast and with low expenses. That is why selection of a digital camera for an optical microscope has become the very important procedure. The camera should be selected to provide the maximal possible spatial resolution, field of view and wavelength range.

The spatial bandwidth of a focal plane array as a two dimensional periodical structure of photosensitive cells in a digital camera is defined via Nyquist frequencies. These frequencies depend on spatial period of the cells and the type of a digital camera (monochrome, color, full color, with or without microscanning and etc.). This bandwidth should be conjugated with the spatial bandwidth of a microscope optical system. The optical bandwidth is limited by the optical cut off frequency that depends on a numerical aperture and a wavelength. We can conjugate these two bandwidths in an object plane or in an image plane. It is better to do it in an object plane to get a direct link with object dimensions and corresponded spatial harmonics. We introduce the value η that is equal to the ration between the Nyquist and optical cut off frequencies:

$$\eta = \frac{\nu_N}{\nu_O} = \frac{1}{2 \cdot \left(\frac{k \cdot \Delta x}{\beta} \right)} = \frac{\lambda}{4 \cdot NA \cdot (k_{FPA} \cdot \Delta x)} \cdot \beta = \eta(\beta),$$

where ν_N , ν_O – the Nyquist and optical cut off frequencies calculated for an object plane; NA , λ , β – the numerical aperture, the wavelength and the linear magnification of a microscope optical system; Δx , k_{FPA} – the spatial period of photosensitive cells and the coefficient that takes into account a type of a digital camera.

Analysis of the presented formula shows the very important fact: for digital optical microscopy we can introduce the terms like optimal, non-sufficient and void (useless) magnification like in visual optical microscopy. The non-sufficient magnification $\eta(\beta) < 1$ means that a digital camera distorts images of small dimensions formed by an optical system. Other words, a digital camera provides smaller spatial resolution than an optical system. The void (useless) magnification means that the spatial bandwidth of a digital camera is wider than the one of an optical system – $\eta(\beta) > 1$. In this case a digital camera does not distort images formed by an optical system but it reduces the field of view of an optical microscope. The optimal magnification $\eta(\beta) \approx 1$ guarantees the maximal possible spatial resolution and field of view of an optical microscope.

Key words: optical microscope, optical system, digital camera, Nyquist frequency, cut off frequency, linear magnification.

УДК 535.2

ДИФРАКЦІЙНА ДІАГНОСТИКА КРАЙОВИХ ДИСЛОКАЦІЙ ХВИЛЬОВОГО ФРОНТУ В ОПТИЧНИХ ПОЛЯХ

¹⁾ Олексюк М.В., ¹⁾ Фельде Х.В., ²⁾ Богатирьова Г.В., ¹⁾ Полянський П.В., ¹⁾ Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна; ²⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Раніше [1-4] нами було обґрунтовано автокореляційний метод детектування та діагностики фазових сингулярностей типу оптичних вихорів (звинтових дислокацій хвильового фронту) у детермінованих та випадкових (частково просторово когерентних, поліхроматичних, частково поляризованих) параксіальних світлових полях. Запропонований нами метод базується на юнгівській інтерпретації дифракційних явищ – на моделі крайової дифракційної хвилі. У даній роботі ми вперше поширюємо цей метод на випадок *крайових* дислокацій хвильового фронту оптичного поля й демонструємо його чинність на прикладі класичної картини Ейрі – картині фраунгоферової дифракції на круглому отворі. У досліджуваному випадку фазова сингулярність діагностується не за викривленням інтерференційних смуг, пропорційним модулю топологічного заряду оптичного вихору [2], а за їх розривом й напівперіодним зсувом, – подібно до того, як це має місце при інтерференційній діагностиці крайових дислокацій хвильового фронту [5]. Отриманий результат інтерпретується також в аспекті фундаментальних концепцій фізики твердого тіла. Важливою перевагою автокореляційного методу детектування крайових дислокацій є його застосовність для часткового просторово когерентних та поліхроматичних оптичних полів.

Ключові слова: кореляційна оптика, дислокації хвильового фронту, дифракція, крайова дифракційна хвиля, оптичні вихори.

Література:

1. Bogatyryova G.V., Felde Ch.V., Polyanskii P.V., Ponomarenko S.A., Soskin M.S., Wolf E. Partially coherent vortex beams with a separable phase // Opt. Lett. – 2003, 28. – 878-880.
2. Polyanskii P.V. Optical correlation diagnostics of phase singularities in polychromatic fields / in: *Optical Correlation Applications and Techniques*, ed. by O. Angelsky (Chapter 2) (SPIE Press A168, Bellingham, 2007). – P. 133-165.
3. Chernyshov A.A., Felde Ch.V., Bogatyryova H.V., Polyanskii P.V., Soskin M.S. Vector singularities of the combined beams assembled from mutually incoherent orthogonally polarized components // Journ. Opt. A: Pure and Appl. Optics (094010). – 2009, 11. – 1-8.
4. Angelsky O.V., Polyanskii P.V., Maksimyak P.P., Mokhun I.I., Zenkova C.Yu., Bogatyryova H.V., Felde Ch.V., Boichuk V.T., Bachinskiy T.M., Ushenko A.G., “Optical measurements: polarization and coherence of light fields”. [in] *Modern Metrology Concerns*. – Monograph, ed. by Luigi Cocco. – InTech, ISBN 959-953-307-336-0. (54 pp). <http://www.intechweb.org/books/upcoming/page/11>
5. Полянський П.В., Полянская Г.В. Голограмма Юнга - пятый тип голограмм // Оптический журнал. - 1997. - Т. 64, №4. - С. 52-63.