

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Артюшенка Михайла Віталійовича

«Методи фрактального аналізу даних і управління аерокосмічним гіперспектральним геомоніторингом»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.07.12 – “Дистанційні аерокосмічні дослідження” до спеціалізованої вченої ради Д 26.162.03 при Державній установі «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»

Актуальність теми дисертаційної роботи досить ясно сформульовано здобувачем у вступі та докладно обґрунтовано в оглядовій частині роботи. Гіперспектральне дистанційне зондування (ГДЗ) забезпечує максимальну кількість інформації про об'єкти зондування і є найбільш перспективним напрямком для проведення аерокосмічного моніторингу з метою розпізнавання та виявлення різних об'єктів морської поверхні та суходолу, геологічного середовища, рослинних покривів та антропогенних змін, а також оцінки їх станів за фізико-хімічними властивостями. Перелік тематичних завдань ГДЗ досить великий і в міру розвитку методів обробки та інтерпретації специфічної гіперспектральної інформації постійно розширяється.

Актуальність теми обумовлена необхідністю комплексного (системного) удосконалювання існуючих інформаційних технологій гіперспектрального аерокосмічного геомоніторингу, які характеризуються надзвичайно великими обсягами специфічної просторово-спектральної інформації. Проведене в дисертаційній роботі дослідження з розробки методів, спрямованих на підвищення ефективності розв'язку природоресурсних і природоохоронних завдань за даними гіперспектрального дистанційного зондування (ГДЗ), передбачає вдосконалювання як методів управління процесом ГДЗ, так і розробку нових статистичних методів класифікації та інтерпретації аерокосмічних даних, що є актуальним народно-господарським завданням.

Чарко
10.09.2015

Оцінка змісту дисертації та її структури. Структура та оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідають основним вимогам щодо оформлення докторських дисертацій. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою. Матеріали дисертації викладено в логічній послідовності на 317 сторінках основного тексту (10 окремих сторінок зайнято рисунками і таблицями). Рукопис дисертації містить перелік умовних скорочень, вступ, вісім розділів, висновки, список використаних джерел із 144 найменувань і 6 додатків на 114 сторінках. В додатках є документи, які підтверджують впровадження наукових розробок здобувача. Повний обсяг рукопису дисертацій складає 447 сторінок. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

У Вступі міститься обґрунтування актуальності теми дисертаційного дослідження, вказано на зв'язок роботи з науковими програмами, темами, визначено мету і завдання роботи, методи дослідження, сформульовано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про впровадження та використання результатів спектрометричних досліджень та управління аерокосмічними засобами, відзначено особистий внесок здобувача, а також вказуються дані про апробацію та публікації результатів дисертації.

У першому розділі визначено особливості сучасних аерокосмічних систем ГДЗ, проведено теоретико-методичний аналіз наукової літератури, формалізовано для проведення подальших досліджень інформаційний процес формування гіперспектральних зображень (ГСЗ) у вигляді гіперкубу даних щілинним гіперспектрометром. Зроблено висновок про те, що масовому впровадженню гіперспектральних технологій ДЗЗ як інноваційного продукту перешкоджають: 1) великі обсяги інформації, 2) високі вимоги до точності геоприв'язки кадрів і стабілізації платформ літальних апаратів (ЛА), 3) відсутність ефективних науково обґрунтованих методів обробки ГСЗ та методик вирішення прикладних завдань.

Розглянуто роботи з використання джерел візуальної інформації для завдань навігації та високоточного управління аерокосмічними системами, зроблено висновок про те, що на даному етапі технічного розвитку перспективним є створення систем адаптивного гіперспектрального геомоніторингу.

Розглянуто питання застосування методів спектрометричної фітоіндикації та самоорганізації рослинних покривів як індикаторних ознак наявності покладів вуглеводнів.

На основі проведеного аналізу сформульовано завдання подальших досліджень і математичну постановку завдання сегментації даних ГДЗ у термінах масштабних інваріантів розподілів спектральних інтенсивностей та фрактальних розмірностей спектрів.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню методичних основ нових методів статистичного аналізу даних ГДЗ, розробці концепції побудови статистичних моделей на основі степеневих розподілів і методів визначення їх масштабних інваріантів та фрактальних структур за спектрами відбиття природних об'єктів.

Сформульовано програму проведення досліджень з побудови теорії сегментації, класифікації гіперспектральних даних за масштабними інваріантами структури спектра та наведено основні поняття та визначення математичних методів досліджень. Уведено визначення степеневих розподілів (типу Ципфа-Парето), викладено короткі відомості з визначення неперервних груп симетрії та кратних інваріантів, методи аналізу негладких (фрактальних) структур із дробовими розмірностями Хаусдорфа та Мінковського.

Особливо слід відзначити оригінальне лаконічне викладення автором основних положень теорії груп Лі для визначення симетрій у структурі спектральних відбиттів для подального застосування в дослідженні кратних інваріантів як індикаторних ознак сегментації даних (стор. 69-81).

У третьому розділі наведено результати аналізу частотних розподілів спектральних інтенсивностей відбиттів від рослинних покривів на територіях

родовищ вуглеводнів з метою визначення покладів вуглеводнів методами спектрометричної фітоіндикації. Розглянуто методику визначення функцій розподілу та побудови кривих розподілів спектрів відбиттів. Показано, що високоточне зондування природних об'єктів виявляє їхню тонку структуру, яка проявляється в степеневих, або близьких до них, розподілах з «важкими хвостами» та лептоексесом. Зроблено висновок про те, що для використання статистичних характеристик оптичних властивостей рослинних покривів як інформативних ознак їх стану необхідно провести розробку та обґрунтування більш точних методів структурної та параметричної ідентифікації степеневих розподілів за спектральними даними.

У четвертому розділі розроблено неперервно-групову модель симетрії спектрів відбиттів і проведено розробку чисельних методів структурної та параметричної ідентифікації моделі степеневих розподілів спектральної інтенсивності. Математично доведено, що степеневий показник розподілу є кратним подвійним інваріантом (КПІ) групи симетрії неоднорідних розтягнень.

На великому експериментальному матеріалі зондування рослинних покривів, на 3-х рівнях масштабних досліджень (мезоскопічному, макроскопічному та глобальному) проведено верифікацію моделі та методів ідентифікації за даними гіперспектрального зондування. Проведено докладну верифікацію моделі та методів визначення КПІ, що дозволило застосувати модель у завданнях: пошуку покладів вуглеводнів, виявленні аномальних зон природного та техногенного походження, а також для автоматизованої класифікації об'єктів урболандшафту за даними з ЕО-1 “Hyperion”.

У п'ятому та шостому розділах проведено синтез фрактальних (стор. 174-208) і мультифрактальної (стор. 209-234) моделей спектральних відбиттів. Передумовою для проведення аналізу фрактальних властивостей спектрів є степеневі розподіли та масштабно-інваріантні симетрії, що докладно досліджені автором у розділі 4, і є наслідком процесів самоорганізації об'єктів природи та геосистем. Автором експериментально встановлено, що спектр

відбиттів рослинних покривів має локальну фрактальну структуру, повний опис якої здійснюється в рамках мультифрактальної моделі. Розроблено чисельні методи ідентифікації моделей за даними та проведено верифікацію моделей. Запропоновано методи побудови поля і середнього поля фрактальних розмірностей за набором гіперспектральних даних, що містяться в гіперкубі. Методи обчислень фрактальних розмірностей і просторового поля фрактальних розмірностей підтримуються обчислювальними процедурами, що наведені в додатку. Наведено приклади сегментації даних ГДЗ, формалізації стану природних об'єктів за мультифрактальним спектром і варіабельністю показника Ліпшиця-Гельдера.

У сьому розділі проведено оцінку періодичності гіперспектрального моніторингу території України з КА. Оцінка часу, протягом якого об'єкти на території не спостерігаються, є важливою характеристикою, яка багато в чому визначає інноваційну ефективність використання ГДЗ з КА в Україні. Моніторингові системи з короткими розривами в спостереженнях значно розширяють можливий перелік тематичних завдань ДЗЗ і тим самим створюють умови для масового впровадження технологій ГДЗ в Україні. Аналіз періодичності виконаний методом статистичного моделювання та дозволяє визначити час повторного огляду об'єктів території з КА на сонячно-синхронній квазіоптимальній орбіті в режимі перенацілювання апарату на об'єкти зйомки. Результати моделювання та аналізу показують принципову можливість здійснювати гіперспектральний моніторинг об'єктів на території України з короткими розривами в спостереженні одиночним КА з гіперспектральним сенсором.

У восьмому розділі розроблено концепцію та методи організації гіперспектрального аерокосмічного моніторингу адаптивного типу стосовно до пошукових завдань визначення об'єктів інтересу та аномальних геопроцесів; обґрутовано перспективність використання безпілотних ЛА (БПЛА). Розвинуто основи методів автоматичного управління та стабілізації БПЛА за наземними орієнтирами, побудовано модель відображення

кінематичних параметрів руху на проективну площину; проведено синтез алгоритмів управління для систем з візуальними зворотними зв'язками та комп'ютерне моделювання.

Робота завершується розгорнутими висновками, які випливають зі змісту роботи і віддзеркалюють основні результати дисертаційної роботи. Мета дисертаційної роботи в ході виконання дослідження була досягнута, а дисертація є завершеною науковою кваліфікаційною працею.

Обґрунтованість наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації, достовірність отриманих результатів, повнота їх викладу в опублікованих працях. Основні наукові положення і висновки є математично достатньо обґрунтованими, постановки наукових задач та розроблені моделі коректними, що забезпечено адекватним вибором відповідного математичного апарату. Достовірність результатів підтверджено їх верифікацією на тестових ділянках.

За темою дисертації опубліковано 37 робіт, у тому числі 23 наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації у фахових виданнях, наукових періодичних виданнях України з технічних наук до травня 1997 року та 1 патент, 12 – перевидано у періодичних виданнях США та 12 – включено до наукометричної бази Scopus. Основні положення дисертації широко апробовані на міжнародних наукових конференціях та симпозіумі. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України до опублікування результатів дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Наукова новизна одержаних результатів. Найважливіші наукові і теоретичні здобутки дисертаційного дослідження, що мають вагому новизну полягають у наступному:

1. Розвинуто теорію сегментації та класифікації даних гіперспектрального дистанційного зондування, засновану на інваріантах степеневих розподілів і фрактальних властивостях спектрів відбиттів.

2. Виявлено та експериментально підтверджено ефект мультифрактальної структури гіперспектральних відбиттів листяних покривів.

3. Набули подальшого розвитку обчислювальні методи оброблення спектральної інформації для організації адаптивного управління гіперспектральним моніторингом, а також методи стабілізації повітряних засобів ГДЗ за реперними орієнтирами.

Практичне значення одержаних результатів полягає в підвищенні ефективності існуючих гіперспектральних технологій аерокосмічного геомоніторингу, розробленні обчислювальних методів і алгоритмів, які можуть бути використані для автоматизації процесів збору, оброблення та інтерпретації гіперспектральних даних при розв'язанні природоохоронних та природоресурсних завдань. Зокрема, для автоматизованої класифікації урболовандшафтів, антропогенних змін територій, визначення біохімічних аномалій та, при наявності відповідних геологічних ознак, визначення границь покладів нафти або газу.

Дискусійні положення та зауваження

1. На стор. 53, в оглядовій частині роботи, при розгляді процесів самоорганізації, автор повідомляє про мультифрактальну структуру видового угруповання та розроблену ним у складі авторської групи методику, що дозволяє встановити мультифрактальну структуру за спостереженнями з космосу. Дисертаційна робота набагато б виграла, якби цей важливий напрямок набув подальшого розвитку у рамках дисертації.

2. Авторові не вдалося уникнути повторень у тексті дисертації. Так підрозділ 1.2 “Формування гіперспектральних зображень” (стор. 24-28) багато в чому дублюється в додатку В.3 (стор. 389-391) при описі методики сегментації зображень природних ландшафтів.

3. У роботі недостатньо ясно зазначені граници застосування розроблених автором методів сегментації та класифікації об'єктів і їх станів за даними гіперспектрального зондування.

4. У розділі 4 автор обмежився висновком та обґрунтуванням застосування формули подвійного кратного інваріантна розподілів, лише вказавши на процедуру обчислень інваріантів більш високого порядку, які можуть бути більш інформативними ознаками сегментації та класифікації даних гіперспектрального зондування.

5. Незважаючи на змістовне математичне обґрунтування розроблених автором методів обробки гіперспектральної інформації про природні об'єкти, заснованих на інваріантах степеневих розподілів та фрактальних структурах спектрів, залишається мало дослідженю фізична сутність цих методів.

6. При проведенні синтезу керуючих впливів на БПЛА за інформацією про розташування реперних орієнтирів автор обмежився кінематичними та динамічними рівняннями Ейлера для твердого тіла, що суттєво схематизує реальне завдання автоматичного керування БПЛА.

Проте вказані зауваження не знижують загальної високої позитивної оцінки дисертаційної роботи Артюшенка М.В., її наукової та практичної цінності.

Загальний висновок

1. Дисертаційна робота Артюшенка Михайла Віталійовича «Методи фрактального аналізу даних і управління аерокосмічним гіперспектральним геомоніторингом» є завершеною, самостійно підготовленою кваліфікаційною науковою роботою, в якій автором запропоновано нове вирішення комплексної наукової проблеми розробки статистичних моделей для опису структури спектральних даних, методів оброблення та інтерпретації результатів аерокосмічного гіперспектрального геомоніторингу та методів управління моніторингом для підвищення ефективності застосування гіперспектральних технологій при вирішенні природоохоронних та ресурсних завдань.

2. У цілому за змістом, актуальністю, оформленням, ступенем обґрунтованості наукових положень, науково-практичними результатами та повнотою викладення в опублікованих працях дисертаційна робота

Артюшенка Михайла Віталійовича відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12-14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24 липня 2013 року та вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України, щодо докторських дисертацій, а її автор – Артюшенко Михайло Віталійович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження.

Офіційний опонент:

заступник директора з наукової роботи
Інституту телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України
член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор



Підпис Трофимчука О.М. засвідчує: Вчений секретар Клименко В.І. 