

УДК [528.8:528.7]:630\*(075.8)

С.І. МИКЛУШ<sup>1</sup>, О.Г. ЧАСКОВСЬКИЙ<sup>2</sup>, С.А. ГАВРИЛЮК<sup>3</sup>

## ДЕШИФРУВАННЯ РІЗНОПЛАНОВИХ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ГРУП ПОРІД

Висвітлено особливості дешифрування різнопланових знімків дистанційного зондування Землі (мультиспектральних та радіолокаційних) алгоритмом *Random Forest*. Проаналізовано можливості поєднання радіолокаційних та мультиспектральних знімків для дешифрування груп порід. За матеріалами польових досліджень проведено параметризації моделей у співвідношенні 70×30% для подальшої інтерпретації космічних знімків. Оцінка точності дешифрування 15 різних поєднань космічних знімків показала доцільність використання попередньо сегментованих зображень для оцінки груп порід. Синтезовані зображення, для яких отримали найвищу попередню точність дешифрування, підлягали автоматизованій інтерпретації у програмному продукті *ENVI*. За їх результатами отримали цифрові карти лісів території досліджень з розподілом на листяні та хвойні деревостани, водні поверхні та нелісові землі.

**Ключові слова:** мультиспектральні та радіолокаційні знімки, сегментація, алгоритм *Random Forest*, дешифрування.

**Вступ.** Державні підприємства лісового господарства, зазвичай, є постійними землекористувачами, а тому значний період забезпечують цільове використання наданих їм земель. Ефективне використання земельних ресурсів базується на оцінці їх стану, продуктивності та особливостях формування структури під впливом природних факторів та господарських заходів.

Сучасні засоби оцінювання земельних ресурсів дають змогу оперативно, із найменшими затратами трудових та матеріальних ресурсів, провести дослідження на значних за площею територіях. До таких засобів можна віднести сучасні геодезичні прилади (електронні тахеометри), приймачі глобальної системи позиціонування тощо. Проте їх використання передбачає оцінювання земельних ресурсів безпосередньо на місцях. Для зменшення затрат можна використовувати матеріали дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) – аеро- та космічні знімки, зняті різними знімальними системами.

Ще на початку 2000-х років багато дослідників вказували на значні переваги використання даних дистанційного зондування Землі для вирішення найактуальніших природоресурсних та природоохоронних завдань [5, 6, 8]. Основною перевагою дешифрування даних ДЗЗ є оперативність отримання інформації на значні за площею території. Сьогодні створено величезні банки даних дистанційного зондування Землі, зняті різними знімальними системами, різної просто-

рової та радіометричної розрізняювальних здатностей, і, що характерно, за різні періоди. Тому такі дані є невичерпним джерелом інформації про землекористування у різні часові проміжки для аналізу змін, що проходять на земній поверхні.

Сучасний розвиток комп'ютерної техніки дає змогу у найкоротші строки опрацьовувати великі обсяги графічних даних із використанням найновішого програмного забезпечення, що використовують різні алгоритми та методики дешифрування даних ДЗЗ залежно від поставлених завдань.

Основними завданнями наших досліджень є:

1. Оцінити доцільність використання алгоритму *Random Forest* для дешифрування хвойних та листяних деревостанів та можливості дешифрування попередньо сегментованих зображень для підвищення точності виділення хвойних та листяних деревостанів.

2. Встановити шляхи підвищення точності дешифрування зображень вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, зокрема на основі поєднання мультиспектральних та радіолокаційних даних дистанційного зондування Землі, знятих протягом одного вегетаційного періоду.

**Регіон дослідження.** Для дешифрування зображень вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок вибрали порівняно невеликий регіон на заході України – південно-західна частина Волинської та пів-

<sup>1</sup> МИКЛУШ Степан Іванович – дійсний член Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, декан лісогосподарського факультету, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України. м. Львів, Україна. Тел.: +38-032-237-10-45, +38-067-340-70-20. E-mail: msi\_s@ukr.net

<sup>2</sup> ЧАСКОВСЬКИЙ Олег Григорович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України. м. Львів, Україна. Тел.: +38-032-239-27-21. E-mail: oleh.chaskov@gmail.com

<sup>3</sup> ГАВРИЛЮК Сергій Анатолійович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України. м. Львів, Україна. Тел.: +38-032-239-27-26. E-mail: serhiy\_havrylyuk@ukr.net

нічно-західна частина Львівської області, площею близько 7,5 тис. км<sup>2</sup>. Територія досліджень (рис. 1) охоплює 7 адміністративних районів (Іваничівський, Володимир-Волинський, Локачинський, Турійський, Горохівський, Сокальський, Радехівський).

За даними Державного агентства земельних ресурсів України [3] лісів за останній рік стало більше на 10,1 тис. гектарів. У межах досліджуваного регіону площа земель сільськогосподарського призначення становила для Волинської області – 53,8%, Львівської області – 59,4% [4], лісистість (станом на 1.01.2011 р.) – 31,0 та 28,5% відповідно [2], причому порівнянню з 2002 роком цей показник зменшився.



Рис. 1. Територія проведення досліджень

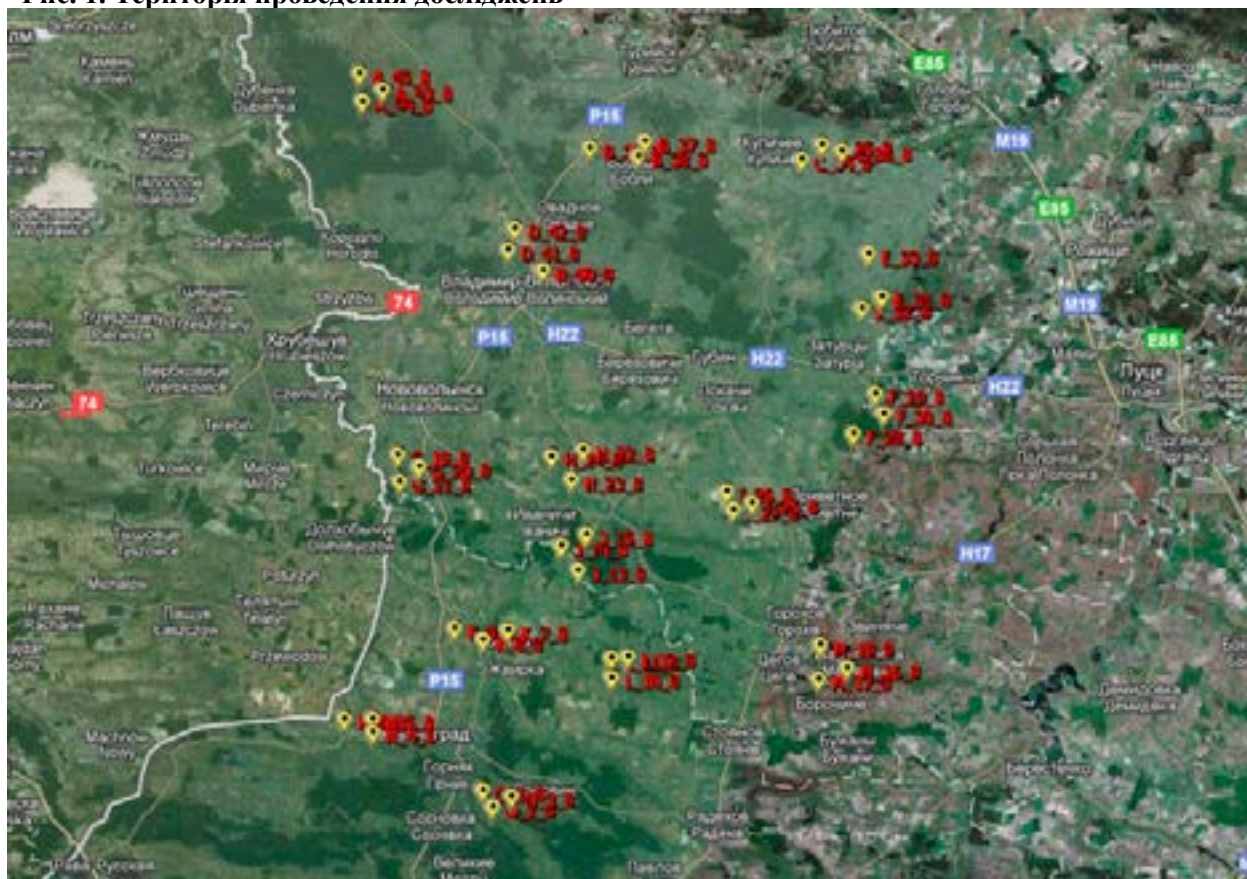


Рис. 2. Розташування пунктів спостережень регіону досліджень

**Дані польових досліджень.** Польові дослідження виконані у травні-червні 2012 р. у рамках спільного проекту фундаментальних досліджень «ДФФД України – НДТ Німеччини» «Моніторинг закинутих земель за даними різночасових та різнопланових даних дистанційного зондування Землі».

У регіоні досліджень методом випадкового растру визначено 15 районів спостережень, у кожному з яких встановлено три пункти спостереження з відповідними географічними координатами (рис. 2).

У кожному пункті спостережень дослідженнями охоплені п'ять пробних площадок, що розміщувались за схемою: одна в центрі, а чотири на відстані 100 м від неї у чотирьох напрямках за сторонами світу. Загалом на території досліджень визначено 225 пробних площадок.

Координати кожного пункту спостережень отримали із випадкового растру, а координати пробних площадок – аналітично обрахували відповідно до відстані та напрямків сторін світу. Отримані дані були завантажені у ГПС-приймач для подальшої їх ідентифікації на місцевості. Точки визначеного растру в натурі знаходили за допомогою навігаторів глобального позиціонування Garmin.

Польові дослідження здійснені за найпоширенішою за кордоном методикою екологічних досліджень LUCAS 2009 (Land Use / Cover Area Frame Survey) [12]. Згідно з цією методикою, всі землі поділяють за категоріями наземного вкриття та категоріями землекористування. Для кожної пробної площадки визначено категорії наземного вкриття і землекористування. Залежно від категорії наземного вкриття, опис властивостей ділянки різнився.

За результатами досліджень ідентифіковані різні категорії наземного вкриття, що слугували основою для створення набору еталонних даних для дешифрування знімків дистанційного зондування Землі, зокрема: урбанізовані території – 10 пробних площадок; орні землі – 23 пробних площадки; лісові землі – 19 пробних площадок; чагарники – 23 ділянки; пасовища – 146 ділянок; відкритий ґрунт – 4 ділянки.

З врахуванням структури земель регіону, для детальнішого аналізу додатково провели дослідження на 71-й вкритій лісовою рослинністю ділянці. Польові дослідження лісових масивів проводили шляхом закладання стандартних кругових пробних площ радіусом 12,62 м (пробна площадка займає 1 піксел космічного знімка), використовуючи методику, розроблену Швейцарським федеральним інститутом досліджень лісу, снігу і ландшафту для статистичної інвентаризації Угольсько-Ширококолужанського букового пралісу [10]. Проте враховуючи різноманіття лісових ділянок та їх структуру для повного аналізу вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок таких даних виявилось недостатньо, тому використали матеріали лісовпорядкування на території досліджень. Оцифровані матеріали вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок перевірили на відповідність матеріалам космічного знімання надвисокої розрізняльної здатності у середовищі GoogleEarth.

Опрацьовані таким чином дані слугували основою для створення класових сигнатур з метою отримання статистичних даних про розподіл спектральних характеристик листяних та хвойних деревостанів на космічних знімках та для перевірки точності дешифрування зображень. Важливим аспектом формування класових сигнатур є пропорційне представлення пікселів для кожного класу. Окремі дослідники пропонують формувати сигнатури з однаковим представництвом пікселів у класах [15], інші – пропорційно до представлення кожного класу на зображенні [9, 11]. Найчастіше на цьому аспекті дослідники не заострюють уваги. Для формування класових сигнатур весь набір даних був розподілений пропорційно – 70% даних включали для формування сигнатур, а 30% – для верифікації отриманих результатів дешифрування.

**Матеріали космічного знімання.** Для дослідження груп порід вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок (хвойних та листяних деревостанів) використали матеріали мультиспектрального та радарного видів космічного знімання.

Мультиспектральні космічні знімки Landsat TM з просторовою розрізняльною здатністю 30 м, виконані у червні та листопаді 2010 року, дають змогу дешифрувати значні за площею об'єкти земної поверхні, до яких відносять і лісові масиви на регіональному рівні. Ці дані дистанційного зондування землі проходять попереднє геометричне та радіометричне опрацювання (для користувачів доступні знімки рівня обробки L1T, тобто додаткових операцій щодо покращення цих даних проводити непотрібно).

Радіолокаційні знімки ERS-2 SAR відмінні від мультиспектральних внаслідок фізичних особливостей радіолокаційної знімальної апаратури. Для роботи використали 9 каналів знімка, отриманих у різних місяцях 2010 року (за винятком січня, травня та серпня). Особливості отримання радіолокаційних знімків у форматі SLC (single look complex) потребують попереднього опрацювання таких даних для подальшої інтерпретації. Так, для радіолокаційних космічних знімків ERS-2 у програмному продукті NEST-4C проведена геометрична та радіометрична корекція зображень та здійснено фільтрування знімків за допомогою speckle-filtering. Для адаптування просторової розрізняльної здатності мультиспектральних та радіолокаційних знімків, для останніх провели зниження просторової здатності з 20 до 30 м.

У кінцевому результаті для подальшого аналізу використані мультиспектральні знімки Landsat TM за червень та листопад 2010 року та щомісячні радіолокаційні знімки ERS-2 з просторовою розрізняльною здатністю 30 м.

### Методичні засади дешифрування даних ДЗЗ.

Для дешифрування даних дистанційного зондування Землі використали методику Random Forest (RF) як досить швидкий алгоритм класифікації, що не потребує великої кількості дослідних даних, нечутливий до значної варіації вхідних даних сигнатур та не вимагає великої кількості вхідних параметрів [9]. Цю методику відносять до різновиду контрольованої класифікації, що добре себе зарекомендувала під час інтерпретації різноманітних наборів даних дистанційного зондування Землі, зокрема мультиспектральних та радіолокаційних знімків ДЗЗ [11, 14, 15].

Суть класифікації RF зводиться до генерування  $k$  дерев рішень, які включають у модель класифікації [9]. Цей етап називають навчанням алгоритму і суть його зводиться до того, що під час побудови дерев рішень використовують випадкові дані із набору даних у пропорціях, заданих користувачем. Найпоширеніші дерева рішень формують попередній результат розподілюваності даних. Ті 30% даних, що не ввійшли у формування дерев рішень, можна використовувати для попередньої кількісної оцінки результатів дешифрування. Кожне дерево рішень містить статистичні дані для розподілу класів всередині набору даних (рис. 3).

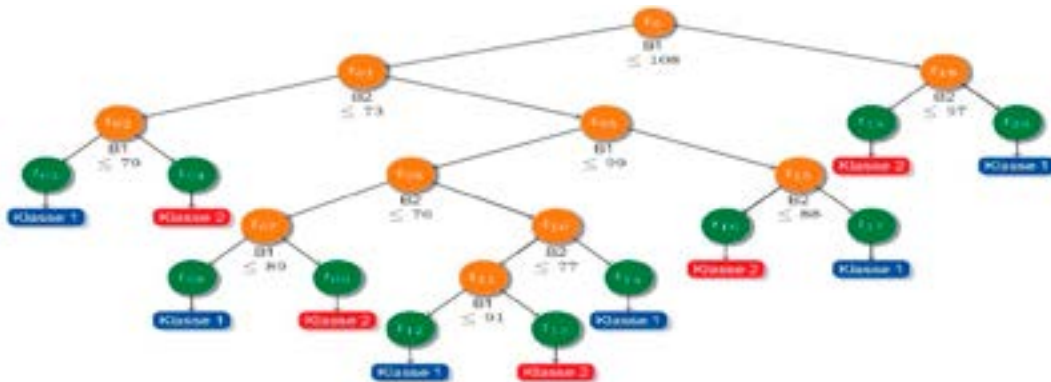


Рис. 3. Приклад дерева рішень для набору даних з двома змінними, що поділяють на два класи

Правило, за яким дані поділяють на множини або класи, базується на підмножині  $m$  (кількість класів) для всіх властивостей  $n$  (вхідні дані для формування класових сигнатур), де  $m < n$  ( $m$  – задає користувач). За замовчуванням на основі вхідних даних будують 300 дерев рішень ( $k = 300$ ) Метою побудови дерев рішень є встановлення множини точок розподілу площини даних на два класи (рис. 4).

У результаті формування дерев рішень можна оцінити попередню точність розподілу вхідних даних на класи (рис. 5). Із рис. 5 видно, що точність розподілу даних на два класи лежить в межах до 98% (вісь ординат) під час формування дерев рішень від 30 до 300 (вісь абсцис). У результаті формується модель параметризації у файлі з розширенням .lfc, на основі якої буде проходити подальша класифікація за алгоритмом Random Forest.

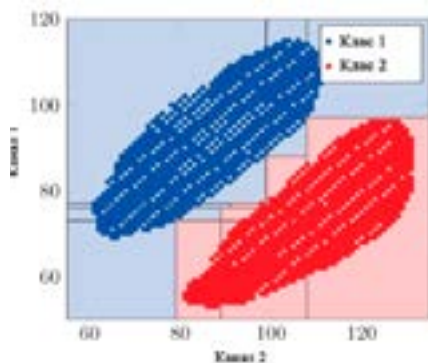


Рис. 4. Розподіл множини точок на два класи

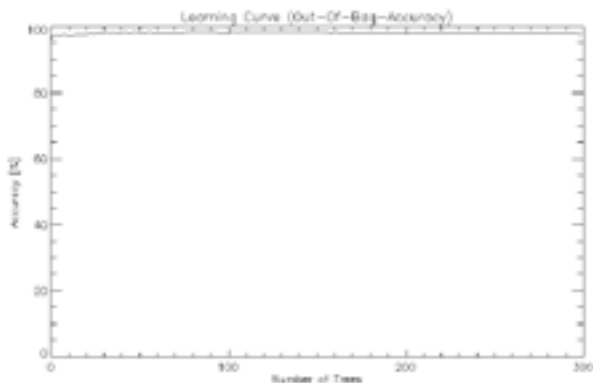


Рис. 5. Параметризація вхідних даних для формування дерев рішень

До класифікації включені мультиспектральні Landsat TM (за червень та листопад) та радіолокаційні ERS-2 зображення та їх поєднання. Водночас, для збільшення кількості зображень, що підлягають класифікації, попередньо провели сегментацію зображень та сформували нові, використавши для цього попіксельну контурну сегментацію (Superpixel Contour Segmentation, SPC) [13].

Сегментація є ітеративним процесом аналізу зображення для виділення однорідних фрагментів (сегментів) знімка, що представляють об'єкти земної поверхні. Виділення сегментів на зображенні базується на статистичному розподілі пікселів всередині сегментів. Пікселі, що за спектральними характеристиками лежать на межі розподілу сегмента, будуть віднесені до того фрагменту, до якого на основі статистичного розподілу вони лежать ближче. Цей процес базується на ітераційній сегментації (maximum-a-posteriori (MAP)), тобто обраховуються різні варіанти належності таких пікселів до різних сегментів.

Попіксельна контурна сегментація описується двома параметрами –  $G$  та  $B$ . За допомогою параметра  $G$  користувач контролює масштаб сегментів, а параметра  $B$  – форму сегментів. У рамках спільного проекту фундаментальних досліджень J. Stefansky та ін. дослідним шляхом визначили найоптимальніші значення параметрів  $G$  та  $B$ , що базувалися на реальних дослідних даних, що включалися до класифікації за алгоритмом Random Forest і визначено її точність.

Для подальших досліджень вибрані сегментовані зображення з параметром  $G$ , який дорівнює 10, 15, 20 та 25.

Враховуючи наявний банк даних ДЗЗ та сегментовані зображення, для оцінки точності класифікації взяли такі знімки:

1. ERS-2 (радіолокаційне зображення, що складається з дев'яти каналів).

2. L5\_June, L5\_November (мультиспектральне зображення Landsat TM за червень або листопад 2010 р. відповідно – сім каналів).

3. L5\_JuneNov\_15 (\*\_20,\*\_25) (мультиспектральні зображення Landsat TM за червень та листопад 2010 р. і сегментоване зображення з  $G = 15, 20, 25$ -12 каналів).

4. ERS+L5\_JN\_10 (\*\_15,\*\_20) (радіолокаційне зображення ERS-2, мультиспектральне Landsat TM

за червень та листопад 2010 р. і сегментоване зображення з  $G = 10, 15, 20-30$  каналів).

5. ERS+L5\_June\_10 (\*\_15,\*\_20) (радіолокаційне зображення ERS-2, мультиспектральне Landsat TM за червень 2010 р. і сегментоване зображення з  $G = 10, 15, 20-24$  канали).

6. ERS+L5\_Nov\_10 (\*\_15,\*\_20) (радіолокаційне зображення ERS-2, мультиспектральне Landsat TM за листопад 2010 р. і сегментоване зображення з  $G=10, 15, 20-24$  канали).

Для кожного зображення на основі тренувального набору даних проводили параметризацію для формування моделі класифікації та отримання попередньої кількісної оцінки результатів дешифрування на основі 30% набору даних.

**Оцінка точності класифікації.** Для оцінки точності сформованої моделі параметризації набору даних на відповідному синтезованому зображенні використовували найпоширеніші показники точності: перша класова точність (англ. user's accuracy), друга класова точність (англ. producer's accuracy), загальна точність (англ. overall accuracy) та індекс Каппа (англ. Kappa index) [1, 7]. Ці показники базуються на верифікації класифікованих пікселів зображення до 30% тренувального набору даних для кожного класу за еталон.

За отриманими значеннями показників точності класифікації можна судити про синтезовані зображення, які дають найкращі результати. Проте візуальна оцінка дешифрованих матеріалів дала змогу встановити, що часто до вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, зокрема хвойних деревостанів, відносять пікселі, що представляють водні поверхні. Тому попередньо за описаним вище алгоритмом були виділені тільки вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки, а вже потім ці ділянки розподіляли за групами порід, тобто на хвойні та листяні деревостани.

Результати попередньої оцінки точності наведено у табл.

Таблиця

Результати попередньої оцінки точності класифікації зображень

Зображення	Хвойні деревостани		Листяні деревостани		Загальна точність	Індекс Каппа
	I*	II	I	II		
1	2	3	4	5	6	7
ERS	92	77	65	86	80,43	0,59
L5_June	96	89	80	92	90,21	0,79
L5_November	95	90	82	91	90,79	0,80
L5_JuneNov_15	95	94	88	91	93,19	0,85
L5_JuneNov_20	95	88	79	90	89,32	0,77
L5_JuneNov_25	95	95	91	90	94,21	0,87
ERS+L5_JN_10	97	89	80	95	91,24	0,81
ERS+L5_JN_15	96	99	98	91	96,64	0,92
ERS+L5_JN_20	96	93	87	92	93,16	0,85
ERS+L5_June_10	97	97	94	93	96,39	0,92

Продовження табл.

	1	2	3	4	5	6	7
ERS+L5_Nov_10	97	87	79	95	90,37	0,79	
ERS+L5_June_15	97	94	89	94	94,56	0,88	
ERS+L5_Nov_15	97	99	97	94	97,54	0,94	
ERS+L5_June_20	92	95	89	84	91,65	0,81	
ERS+L5_Nov_20	95	93	87	90	92,68	0,83	

Примітка. I – перша класова точність, II – друга класова точність

Як видно із наведених даних, попередня точність дешифрування становить не менше ніж 80%, що свідчить про достатню можливість для використання алгоритму Random Forest для дешифрування рослинності. Найнижчу точність, закономірно, отримали для радіолокаційного знімка. Проте використання його поряд із мультиспектральними зображеннями значно підвищує точність дешифрування. Варто зазначити, що найкращі результати отримали для знімків, що містили попередньо сегментовані зображення (у табл. виділено жирним шрифтом). Поєднання радіолокаційного, мультиспектрального Landsat TM (зроблений у листопаді 2010 р.) знімків та сегментованого зображення з показником  $G = 15$  дає найкращі результати класифікації. Це пояснюється тим, що у листопаді є значний контраст між листяними, які скинули листя, та зеленими хвойними деревостанами.

Для подальшої класифікації зображень використали тільки три зображення, що дають найкращі результати попередньої оцінки точності.

За сформованими моделями параметризації для відповідних синтезованих зображень провели класифікацію за алгоритмом Random Forest у програмному продукті ENVI. Результат класифікації представлено на рис. 6.

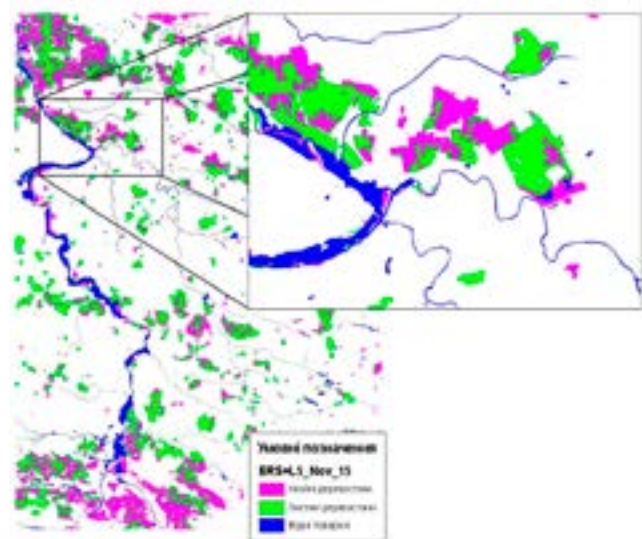


Рис. 6. Класифіковане синтезоване зображення (радіолокаційний знімок, мультиспектральний знімок, отриманий у листопаді 2010 р. та сегментоване зображення з  $G = 15$ ) за алгоритмом Random Forest

Як видно з даних рис. 6, додатково до класів хвойних та листяних деревостанів виділено клас водних поверхонь. Ці дані отримали шляхом фотоінтерпретації і подальшого оцифрування з мультиспектральних знімків Landsat TM та векторних даних ESRI.

**Висновки.** Дешифрування даних ДЗЗ за алгоритмом Random Forest дає змогу оперативно отримати нову картографічну та статистичну інформацію, користувачу – максимально керувати процесом підбору даних для визначення статистичних параметрів віднесення пікселів до відповідних класів (параметризація моделі) та попередньо оцінити точність класифікації. Загалом на основі зібраних даних польових досліджень точність класифікації зображень становить понад 80%, що свідчить про широкі можливості використання алгоритму Random Forest для дешифрування рослинності.

Використання синтезованих зображень, що включають дані мультиспектрального та радіолокаційного знімання, підвищує точність дешифрування порівняно із використанням знімків одного виду знімання. Ще кращі результати дешифрування отримали під час введення попередньо сегментованого зображення в процес класифікації.

Отримані цифрові зображення результатів класифікації космічних знімків можна використовувати для кількісної оцінки площ вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, визначення лісистості регіону, вивчення породного складу лісів тощо. Такі тематичні карти можуть слугувати матеріалом для дослідження динамічних змін у лісовому вкритті.

**Подяка.** Автори висловлюють подяку за надані поради, матеріали та програмні засоби професорові Бйорну Васке та аспіранту Яну Стефанскі (Університет Бонна, Німеччина).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаврилюк С.А. Дешифрування зображень лісових ділянок за матеріалами сканерних космічних зйомок (на прикладі Західного Лісостепу України) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02 «Лісова таксація та лісовпорядкування» / С.А. Гаврилюк. – К., 2008. – 19 с.

2. Гульчак В.П. Позитивні зміни. Державний облік лісів України – підсумки та прогнози. / В.П. Гульчак // Ліс. і мисливсв. журн. – №2. – 2012. – С. 6-8.

3. Земельний фонд України станом на 1 січня 2013 року та динаміка його змін в порівнянні з даними на 1 січня 2012 року [Електронний ресурс]. – Доступний з: <http://land.gov.ua/zvitnist/statystyka/104693-zemelnyi-fond-ukrainy-stanom-na-1-sichnia-2013-roku-ta-dynamika-ioho-zmin-v-porivnianni-z-danymy-na-1-sichnia-2012-rokiv.html>.

4. Земельні ресурси [Електронний ресурс]. – Доступний з: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Земельні\\_ресурси](http://uk.wikipedia.org/wiki/Земельні_ресурси).

5. Лялько В.І. Стан і перспективи розвитку аерокосмічних досліджень Землі в Україні / В.І. Лялько // Космічна наука і технологія. – 2002. – Т. 8. – № 2/3. – С. 29-35.

6. Лялько В.І. Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України (короткий історичний нарис) / В.І. Лялько, О.Д. Федоровський, В.М. Перерва [та ін.]. // Космічна наука і технологія. – 2002. – Т. 8. – № 2/3. – С. 6-28.

7. Миклуш С.І. Дистанційне зондування Землі в лісовому господарстві : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Миклуш С.І., Гаврилюк С.А., Часковський О.Г. – Львів: ЗУКЦ, 2012. – 324 с.

8. Українська енциклопедія лісівництва. У двох томах / За ред. С.А. Генсірука. – Львів, 1999. – Том 1. – 464 с.

9. Breiman L. Random Forests / L. Breiman // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45. – Nr. 1 – P. 5-32.

10. Commarmot B. Stichprobeninventur im Buchen-Urwald Uholka-Schyrokyj Luh – Anleitung für die Inventur 2010 / [B. Commarmot, R. Tinner, P. Brang, U.-B. Brandli]. – Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf 2010. – 65 s.

11. Gislason P.O. Random Forests for land cover classification / P.O. Gislason, J.A. Benediktsson, J.R. Sveinsson // Pattern Recognition Letters. – 2006. – Nr. 4. – P. 294-300.

12. Guisan A. Predictive habitat distribution models in ecology / A. Guisan, N.E. Zimmermann // Ecological Modelling. – 2000. – Vol. 135. – P. 147-186.

13. Mester R. Multichannel segmentation using contour relaxation: fast super-pixels and temporal propagation: In Proceedings of the 17th Scandinavian conference on Image analysis SCIA'11 / R. Mester, C. Conrad, A. Guevara – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. – P. 250-261.

14. Stumpf A. Object-oriented mapping of landslides using Random Forests / A. Stumpf, N. Kerle // Remote Sensing of Environment. – 2011. – № 115. – P. 2564-2577.

15. Waske B. Classifying multilevel imagery from SAR and optical sensors by decision fusion / B. Waske, S. van der Linden // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2008. – № 46. – P. 1457-1466.

*С.І. Миклуш, О.Г. Часковський, С.А. Гаврилюк*

## ДЕШИФРИРОВАНИЕ РАЗНОПЛАНОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГРУПП ПОРОД

Оговорены особенности дешифрирования разноплановых снимков дистанционного зондирования Земли (мультиспектральных и радиолокационных) алгоритмом Random Forest. Проанализированы возможности сочетания радиолокационных и мультиспектральных снимков для дешифрирования групп пород. Для дальнейшей интерпретации космических снимков по материалам полевых ис-

следований проведены параметризации моделей в соотношении 70×30%. Оценка точности дешифрирования 15 разных сочетаний космических снимков показала целесообразность использования предварительно сегментированных изображений для оценки групп пород. Синтезированные изображения, для которых получили наивысшую предварительную точность дешифрирования, подлежали автоматизированной интерпретации в программном продукте ENVI. По их результатам получены цифровые карты лесов территории исследования с распределением на лиственные и хвойные древостои, водные поверхности и нелесные земли.

**Ключевые слова:** мультиспектральные и радиолокационные снимки, сегментация, алгоритм Random Forest, дешифрирование

*S.I. Myklush, O.H. Chaskovskyy, S.A. Havrylyuk*

#### REMOTE SENSING DATA DECRYPTION FOR THE ASSESSMENT OF TREE SPECIES GROUPS

This article describes features of multisensoral multispectral (MS) and Synthetic Aperture Radar (SAR) remote sensing data classification with the `Random Forest` algorithm. Possibilities of combining MS and SAR images in order to decrypt tree species groups were analyzed. Parameterization of 70x30% models was done using data from fieldwork and used for further interpretation of satellite images with the highest decryption accuracy in ENVI software. Accuracy evaluation of 15 different image combinations proved that in order to assess tree species groups previously segmented images should be used. As a result of satellite image classification we digital maps created for forest territories with allocated deciduous and coniferous stands, water areas and territories without forest cover.

**Key words:** multisensoral multispectral (MS) and Synthetic Aperture Radar (SAR) images, segmentation, Random Forest algorithm, classification.