4. Маурер В.М. Парадигма вдосконалення відтворення лісів в умовах реформування лісової галузі україни / В.М. Маурер // Науковий вісник НУБіП України. – 2010. – № 152. – С. 32–39.

5. Маурер В.М. Шляхи підвищення збереженості лісових культурценозів / В.М. Маурер // Тези доповідей учасників Міжнар. наук.-практ. конф. «Ліс, довкілля, технології: наука та інновації» (Київ, 29 березня 2012 р.). –К. : ЦП «Компринт», 2012. – С. 81–82.

6. Теоретичні та технологічні основи відтворення лісів на засадах екологічно орієнтованого лісівництва : науково-методичні рекомендації / [Маурер В.М., Гордієнко М.І., Бровко Ф.М. ті ін.]. – К.: ВЦ НУБіП України, 2008. – 64 с.

7. Фучило Я.Д. До питання про плантаційне вирощування сосни звичайної / Я.Д. Фучило // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2004. – Вип. 70. – С. 193–203.

Обоснованы современные задачи усовершенствования воспроизводства лесных ресурсов Украины в контексте устойчивого управления лесами.

Лесные ресурсы, воссоздание лесов, устойчивое управление.

The modern tasks of improvement of reproduction of forest resources of Ukraine are grounded in the context of steady management the forests.

Forest resources, recreation of the forests, steady management.

УДК 630*53/*58:712

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОБЛІКУ МІСЬКИХ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ РІЗНОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ

В.В. Миронюк, В.А. Свинчук,
кандидати сільськогосподарських наук

Наведено методику використання супутникових знімків середнього і надвисокого просторового розрізнення у системі обліку міських зелених насаджень. Опрацьовано принципи проведення вибіркових досліджень на території населених пунктів та науково обґрунтовано фотостатистичний метод визначення площі зелених насаджень.

Урбанізоване середовище, облік зелених насаджень, дані ДЗЗ, вибірка.

Розвиток та збереження зелених зон на території населених пунктів неможливо забезпечити без належної інформаційної підтримки. В сучасних умовах система обліку зелених насаджень має поєднувати в собі наукові, технологічні та економічні аспекти, максимально застосовувати нові інформаційні технології, зокрема, досягнення дистанційних методів і геоінформаційних систем.

© В.В. Миронюк, В.А. Свинчук, 2012

Актуалізація комплексу лісівничо-таксаційної та картографічної інформації про міські зелені насадження здійснюється традиційними методами натурного обстеження під час їхньої інвентаризації. Проте сучасні економічні умови та можливості проектних організацій не дозволяють забезпечити проведення інвентаризації відповідно до вимог чинного законодавства [4] із необхідною періодичністю. Все це негативно позначається на повноті та актуальності показників про зелені насадження, які зростають на території населених пунктів.

У практиці лісового господарства багатьох країн ефективною є система національної інвентаризації лісів, яка не пов'язана із лісовпорядкуванням і спирається на статистичні методи. Існування двох незалежних підходів поліпшує рівень планування та контролю у сфері управління лісовими ресурсами. Аналіз літературних джерел свідчить про спроби запровадити аналогічні вибірково-статистичні методи обліку зелених насаджень на території населених пунктів [5, 8, 10 11]. Велике значення у цьому разі мають дистанційні технології.

Сучасний розвиток дистанційне зондування отримало, головним чином, завдяки вдосконаленню технології супутникової зйомки. Впродовж останнього часу якість даних ДЗЗ значно підвищилася, а супутникові знімки почали розглядати як одне з найдостовірніших джерел інформації під час моніторингу навколишнього природного середовища. Зазначимо, що дистанційні методи у системі лісовпорядкування застосовуються на кваліфікованій науковій основі досить давно. Вже опрацьовано і впроваджено в практику різноманітні технології аерокосмічного моніторингу та оцінки стану лісових ресурсів. Для даних ДЗЗ надвисокого просторового розрізнення (понад 1 м) найперспективнішим є аналітично-вимірювальне дешифрування, точність якого зіставляється із точністю наземних досліджень.

Так, починаючи з 70-х років минулого століття, дістав розвиток фотостатистичний метод інвентаризації лісів із застосуванням аерокосмічних знімків різного масштабу [1, 2], який був реалізований на територіях із невисоким рівнем лісистості. Як правило, застосовувалася 4-етапна або спрощена 2–3-етапна вибірка. На підставі різних типів ландшафту, переважаючих порід, віку таксаційні виділи групувалися у страти, де розміщувалися первинні одиниці вибірки (ПОВ). Вибірка планувалася такою, щоб помилка оцінки запасу не перевищувала 2 %. На подальшому етапі здійснювалася аерофотозйомка в масштабі від 1:7000 до 1:10000 з контурним дешифруванням таксаційних виділів. Далі виконувалося вимірювальне дешифрування відібраних ПОВ (фотопроб). Нарешті, на четвертому етапі для 5–10 % фотопроб проводилися наземні лісотаксаційні вимірювання. Загалом метод забезпечував розрахункову точність визначення запасу насаджень. У сучасних умовах існує можливість подальшого розвитку цього підходу, адаптації його для інших об'єктів таксації.

Отже, проблема вдосконалення методичних принципів обліку зелених насаджень на території населених пунктів має важливе практичне значення. Враховуючи сучасні тенденції розвитку лісооблікових методів,

неабиякий інтерес у цьому разі має впровадження нових технологій дистанційного моніторингу системи зеленого господарства населених пунктів.

Мета дослідження – опрацювання теоретичних і методичних основ вибірково-статистичного методу визначення площі зелених насаджень на території населених пунктів із використанням супутникових знімків різного просторового розрізнення.

Матеріал і методика дослідження. В основу досліджень покладено статистичну методику AFS (Area Frame Sampling) [6], яка широко застосовується під час збору інформації про природні ресурси [9]. ЇЇ було модифіковано відповідно до особливостей об'єкта та задач дослідження і використано у роботі у так: класифікація супутникових знімків та стратифікація території; побудова територіальної основи вибірки; вибір первинних одиниць вибірки; визначення розташування вторинних одиниць вибірки; розрахунок площі зелених насаджень.

Вихідними матеріалами слугували два супутникових знімки території м. Києва: Landsat-5 TM (path 181, row 25) та GeoEye-1, зроблених відповідно 25 і 21 квітня 2009 року. Вони повністю узгоджуються у часовому діапазоні. З метою досягнення узгодженості в просторовому співвідношенні, під час визначення меж дослідної території перевагу було надано останньому. Внаслідок цього отримано границі, які пройшли через основні транспортні магістралі міста: вул. Фрунзе, вул. Чорновола, проспект Перемоги, вул. Туполєва, вул. Стеценка. Вся територія площею 22,6 км^2 знаходилася в межах Шевченківського адміністративного району столиці.

Побудова територіальної вибіркової мережі здійснювалася з використанням космічних знімків та цифрової картографічної основи. На першому етапі дослідну територію поділено на великі однорідні територіальні одиниці – страти. Стратифікацію проведено залежно від характеру рослинного покриву шляхом виконання автоматичної цифрової класифікації супутникового знімка Landsat за допомогою інструментів Erdas Imagine 10.0. За її результатами було виділено три страти, які суттєво відрізняються за характером розміщення деревної рослинності: масивні зелені насадження, житлова забудова, промислова зона і транспортні шляхи.

Площа зелених насаджень ($S_н$) на території може бути встановлена за часткою, яку вони займають у кожній страті:

$$S_н = \sum_{i=1}^{k} p_i \cdot s_i , \qquad (1)$$

де i та k – порядковий номер та кількість страт, задіяних у аналізі;

p_i – частка зелених насаджень в i-й страті;

s_i – площа i-тої страти, га.

Проте з методичних міркувань важливим є також обчислення середнього значення величини p_i. Це дозволяє спростити формулу розрахунку площі насаджень та належно оцінити точність методу:

$$S_н = S \cdot \sum_{i=1}^{k} \frac{s_i}{S} \cdot p_i = S \cdot \sum_{i=1}^{k} w_i \cdot p_i = S \cdot \overline{p} , \qquad (2)$$

де S – площа території, яка підлягає дослідженню;

w_i – «вага» страти;

$\overline{p}$ – середнє значення частки зелених насаджень для всієї дослідної території.

Проблема вибору розміру та оптимального способу розміщення ПОВ є однією із ключових у методиці вибіркових досліджень [7]. Можливість впливу суб'єктивних факторів на результати при типовому розміщенні загальновідома, тому рекомендується надавати перевагу випадковому або систематичному відбору. У роботі було використано систематичне розміщення випадкових одиниць у вершинах правильних трикутників зі стороною *L* (рисунок).

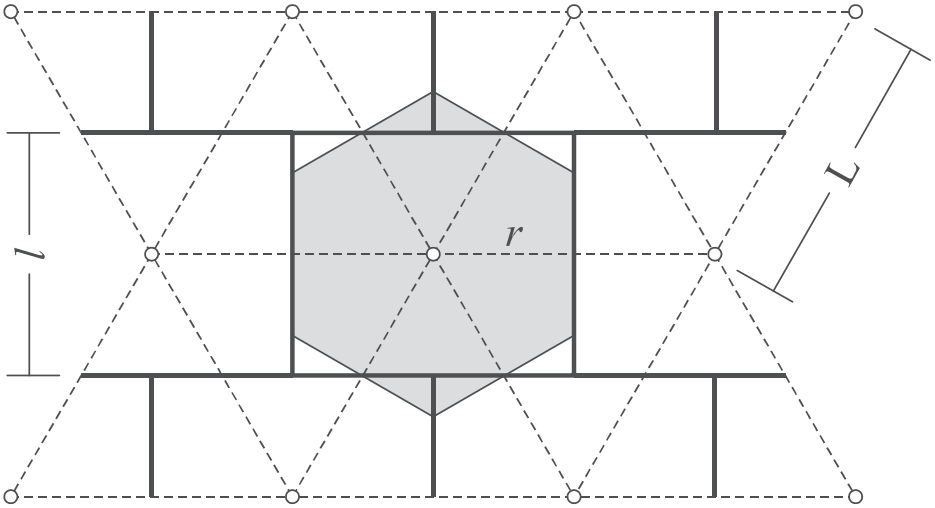

Схема побудови територіальної основи вибірки

Методика побудови вибіркової мережі полягала у такому. Нехай *L* – відстань між центрами ПОВ, які для зображеної на рис. 1 системи мають форму правильних шестикутників. Із практичних міркувань утворену гексагональну систему варто перетворити на прямокутну так, щоб площа ПОВ (*S*) залишилася незмінною. У цьому разі довжина коротшої сторони (*l*) вибіркових одиниць може бути обчислена із співвідношення:

$$S = 2 \cdot \sqrt{3} \cdot r^2 = \sqrt{3} \cdot \frac{L^2}{2} = L \cdot l \,. \qquad (3)$$

Отже, було побудовано територіальну основу вибірки із розмірами ПОВ 900х779 м:

$$l = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 900 = 779 \text{ м} \,. \qquad (4)$$

Систему вторинних одиниць вибірки утворюють окремі дискретні об'єкти ПОВ. У теорії математичної статистики під час визначення частки сукупності, яка характеризується певною ознакою, найбільшого розповсюдження набув точковий метод. Припустимо, що всі одиниці сукупності належать до одного із двох класів: 1) зелені насадження; 2) інші території, де зелені насадження відсутні. У такому випадку обчислення площі зелених насаджень можна розглядати як задачу визначення співвідношення кількості точок, які належать до класу 1, до загальної їхньої кількості. З урахуванням зазначених умов формула (1) може бути подана у такому вигляді:

$$S = \sum_{i=1}^{k} \frac{m_i}{n_i} \cdot s_i \,, \qquad (5)$$

де m_i – кількість точок в i-й страті, що належать до класу 1;

n_i – загальна кількість точок, які потрапили в i-ту страту.

У статистичних дослідженнях відомо, що для забезпечення достовірної оцінки невідомого параметра іноді доцільно виділити частину ресурсів на попередню вибірку. Такий метод відомий під назвою двофазного відбору [3]. Задля обґрунтування оптимального розміщення вибіркових одиниць у сукупності спочатку було застосовано розріджену вибірку з відстанню між точками 100 м.

Результати дослідження. Розрахунок площі зелених насаджень виконувався у середовищі ERDAS IMAGINE 10.0 за допомогою інструменту Frame Sampling за даними 15 ПОВ, що приблизно становить третину від їхньої загальної кількості. Спочатку на підставі візуального аналізу знімка GeoEye-1 кожній точці привласнювався відповідний атрибут: 1) парк, бульвар; 2) насадження вздовж вулиці; 3) насадження на території житлової забудови; 4) автомагістраль, забудова. Зазначимо, що для розв'язання поставлених на цьому етапі завдань достатньо було б застосувати лише дві градації – ознака є або відсутня. Під першим варіантом слід розуміти привласнення вибірковій одиниці одного із трьох перших атрибутів (зелені насадження), під другим – розуміти потрапляння точки на іншу територію, де насадження відсутні (будівлі, води, заасфальтовані території тощо). Завдяки такій альтернативній класифікації для кожної страти можна виконати розрахунок необхідної кількості спостережень [3]:

$$n_0 = \frac{w_i \cdot p_i \cdot (1 - p_i)}{\sigma^2} \,, \qquad (6)$$

де n_0 – обсяг вибірки;

σ^2 – запроектоване значення дисперсії оцінки $\overline{p}$ (0,0001).

За даними розрахунків (табл. 1) встановлено, що визначити частку зелених насаджень із точністю ±2 % при ймовірності 0,95 можна на підставі вибірки, яка налічує близько 3500 одиниць.

1. Розрахунок оптимального обсягу вибірки

Шифр страти	Площа, га	m_i	n_i	p_i	w_i	n_0
1	536,4	25	217	0,1152	0,237	242
2	498,4	154	179	0,8603	0,221	265
3	1224,5	119	335	0,3552	0,542	1241
Разом	2259,3	298	731	0,4097	–	1748

1 – промислова зона та транспортні шляхи; 2 – масивні зелені насадження; 3 – житлова зона.

Інтервальне оцінювання параметра є необхідним етапом статистичних досліджень. Окремий елемент вибірки, який застосовується у розрахунку частки зелених насаджень, для наших досліджень може набувати

лише двох значень – 1 і 0. У теорії математичної статистики під час вивчення таких ознак побудову довірчого інтервалу при ймовірності $p=1-\alpha$ прийнято виконувати за співвідношенням [3]:

$$\widetilde{p}_i = p_i \pm \left(z_{\frac{\alpha}{2};\ \nu=n-1} \cdot \sqrt{\frac{p_i \cdot (1-p_i)}{n_i - 1}} + \frac{1}{2 \cdot n_i} \right), \qquad (7)$$

де $\widetilde{p}_i$ – частка зелених насаджень у страті;

n_i – обсяг вибірки;

z – квантиль нормального розподілу, який відповідає заданому рівню значущості α.

Одержані результати свідчать про високу статистичну достовірність методу. Так, для трьох взаємно виключних вибірок довірчі інтервали для середнього значення частки $\overline{p}$ при ймовірності 0,95 перекриваються: 41,3±4,9 %; 43,6±4,9 %; 40,9±4,9 %. Ця обставина свідчить про те, що запропонований метод кластерного відбору є статистично надійним. Залежно від мети досліджень можна застосовувати вибірки різної інтенсивності. У табл. 2 наведено розрахунок площі зелених насаджень за відстані між точками 100, 50 і 25 м.

2. Статистична оцінка результатів досліджень

Шифр страти	Площа страти, га	Кількість точок у вибірці		Частка зелених насаджень, %	Площа зелених насаджень, га
		m_i	n_i		
Відстань між точками 100 м					
1	536,4	15	138	10,9±5,3	58,3±28,0
2	498,4	109	122	89,3±5,6	445,3±27,4
3	1224,5	180	458	39,3±4,5	481,2±54,8
Усі страти	2259,3	–	718	43,6±4,9	984,8±110,2
Відстань між точками 50 м					
1	536,4	71	592	12,0±2,6	64,3±14,1
2	498,4	449	553	81,2±3,3	404,7±16,2
3	1224,5	565	1908	29,6±2,1	362,6±25,1
Усі страти	2259,3	–	3053	38,1±2,5	831,6±55,4
Відстань між точками 25 м					
1	536,4	307	2534	12,1±1,3	65,0±6,8
2	498,4	1904	2350	81,0±1,6	403,8±7,9
3	1224,5	1542	8047	30,5±0,5	373,1±12,3
Усі страти	2259,3	–	12931	37,3±1,2	841,9±27,0

Результати табл. 2 свідчать, що обсяг необхідної кількості спостережень встановлено вірно. Розміщення вибіркових одиниць на відстані 50 м одна від одної дозволяє визначати площу зелених насаджень із помилкою, яка не перевищує допустимих у лісовій таксації меж. Подальше збільшення обсягу вибірки є невиправданим з точки зору співвідношення точності та витрат методу. Основними факторами, які визначають організаційно-технічні параметри методики розрахунку площі зелених насаджень є достовірність класифікації супутникових знімків, однорідність виділених страт, спосіб розміщення ПОВ у сукупності та розміри дослідної території.

Висновки

Опрацьовано технологію статистичного визначення площі міських зелених насаджень із використанням супутникових знімків надвисокого та середнього просторового розрізнення. Її завданням є поліпшення оперативності та актуалізації інформації екологічного характеру в умовах урбанізованого середовища.

На підставі одержаних результатів можна стверджувати, що супутникові знімки надвисокого просторового розрізнення, до яких належать дані з супутника GeoEye-1, є важливим джерелом інформації про зелені насадження. Поряд із методами класифікації зображень на підставі спектральних властивостей об'єктів, дешифрування знімків GeoEye-1 може здійснюватися традиційними візуально-вимірювальними методами. Класифікація показників ДЗЗ середнього просторового розрізнення може використовуватися для одержання загальної інформації про розміщення зелених насаджень на території населених пунктів.

Опрацьований підхід щодо обліку зелених насаджень є особливо доцільним там, де проблеми оперативності та економічної ефективності є першочерговими. Існують можливості для його подальшого вдосконалення завдяки використанню результатів наземних спостережень. Це дозволить одержувати більш детальну інформацію про лісові ресурси в умовах урбанізованого середовища.

Список літератури

1. Данюлис Е.П. Дистанционные мотоды в лесоводстве и лесном хозяйстве / [Данюлис Е.П., Жирин В.М., Сухих В.И. и др.]. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
2. Данюлис Е.П. Фотостатистический метод инвентаризации резервных лесов / Е.П. Данюлис, П.А. Кропов // Совершенствование методов лесоустройства и ведения лесного хозяйства. – Л., 1977. – С. 26–30.
3. Кокрен У. Методы выборочного исследования / Кокрен У. – М. : Статистика, 1976. – 440 с.
4. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо обліку зелених насаджень у населених пунктах України : наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 22 листоп. 2006 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://zakon.nau.ua/doc/?code=v0386667-06 . – Заголовок з екрана.
5. Шумик М. І. Науково-методологічні основи організації моніторингу зелених насаджень в м. Києві / М. І. Шумик, С. П. Машковська, // Зб. матеріалів II Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://eco.com.ua/content/naukovo-metodologichni-osnovi-organizatsii-monitoringu-zelenikh-nasadzhen-v-m-kievi. – Заголовок з екрана.
6. Area Frame Sampling in Agriculture // Statistical Reporting Service. – 1975. – № 20. – 80 p.
7. Birch C. Rectangular and Hexagonal Grids Used for Observation, Experiment and Simulation in Ecology / C. Birch, C. Colin, S. Oom, J. Beecham // Ecological modeling. – 2007. – № 206. – P. 347–359.
8. Jaenson R. A Statistical Method for the Accurate and Rapid Sampling of Urban Street Tree Population / R. Jaenson, N. Bassuk, S. Schwager, D. Headley // Journ. of Arboriculture. – 1992. – № 18 (4). – P. 171–182.

9. Koeln G.T. Crop area assessment using low, moderate and high resolution imagery: a GeoTools approach / G.T. Koeln, R.P. Kollasch. – Rockville, MD: Earth Satellite Corporation, 2000. – 12 p.

10. Nowak D. J. Effect of Plot and Sample Size on Timing and Precision of Urban Forest Assessments / D. J. Nowak, J. T. Walton, J. C. Stevens [et al.] // Arboriculture & Urban Forestry. – 2008. – Vol. 34, № 6. – P. 386–390.

11. Urban Forest Effects Model [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.ufore.org/using/02-00.html. – Заголовок з екрана.

Представлена методика использования спутниковых снимков среднего и сверхвысокого пространственного разрешения в системе учета городских зеленых насаждений. Обоснованы принципы проведения выборочных исследований на территории населенных пунктов и научно обоснован фотостатистический метод определения площади зеленых насаждений.

Урбанизированная среда, учет зеленых насаждений, данные ДЗЗ, выборка.

The paper presents methodology for using moderate and high resolution satellite images for urban forest assessment. It also describes principles of sampling procedure on territory of settlements. The scientific analysis of feasibility of urban forest area estimation by the mean of photostatistical method has been conducted.

Urban environment, urban forest assessment, remote sensing, sampling.

УДК 630*64: 630*116

АНАЛІЗ ЛІСОВОГО ФОНДУ І СТАН НАСАДЖЕНЬ МИРОНІВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО АГРОЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

В.Ю. Юхновський, доктор сільськогосподарських наук,
Національний університет
біоресурсів і природокористування України
В.М. Хрик, кандидат сільськогосподарських наук,
С.М. Левандовська, кандидат біологічних наук,
Білоцерківський національний аграрний університет

Детально проаналізовано лісовий фонд Миронівського державного агролісогосподарського підприємства за основними таксаційними показниками. Оцінено сучасний стан, продукційний потенціал лісів та ефективність лісогосподарських заходів підприємства.

Агролісогосподарське підприємство, лісовий фонд, деревостан, таксаційні показники, санітарний стан, лісогосподарські заходи.

© В.Ю. Юхновський, В.М. Хрик, С.М. Левандовська, 2012