

УДК 628.477:528.8

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В МЕСТАХ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО СКОПЛЕНИЯ ОТХОДОВ

**В. В. Вамболь**

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»  
ул. Чкалова, 17, г. Харьков, 61070, Украина. E-mail: violavambol@gmail.com

Показана актуальность решения вопросов оперативного выявления мест несанкционированного скопления отходов и постоянного слежения за ними для обеспечения экологической безопасности. Наиболее эффективным способом, который отражает свежую информацию о состоянии земной поверхности, является анализ материалов дистанционного зондирования Земли с помощью ГИС-технологий в сочетании с математическими методами. Проанализированы существующие способы выявления мест скопления отходов и определения их площади. Выявлено, что известные способы не позволяют идентифицировать отходы по степени их опасности. Предложен способ косвенного определения ареалов углеродсодержащей составляющей свалки путем исключения («вырезания») со снимка участков свалки с низкой степенью опасности, таких, как строительный мусор и породные массы. Определены диапазоны значений параметров среднего значения пикселей, дисперсии, эксцесса и асимметрии для модели выделения полигонов со строительным мусором и породными массами. После идентификации полигона со строительным мусором и его оконтуривания необходимо провести вычитание с результата обработки снимка, на котором выделена вся территория свалки, снимок результат выделения только со строительным мусором и породными массами. Результатом такого вычитания является территория свалки с преобладанием углеродсодержащих материалов. Представлена общая модель автоматизированного распознавания участков с преобладанием углеродсодержащей составляющей на территории свалке. Определен максимальный показатель ложного определения ареалов углеродсодержащей составляющей свалки за периоды исследования.

**Ключевые слова:** отходы, свалка, дистанционное зондирование Земли, ArcGIS, дисперсия, эксцесс, асимметрия, площадь свалки.

## ИДЕНТИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ У МІСЦЯХ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО СКУПЧЕННЯ ВІДХОДІВ

**В. В. Вамболь**

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,  
вул. Чкалова, 17, м. Харків, 61070, Україна. E-mail: violavambol@gmail.com

Показано актуальність вирішення питань оперативного виявлення місць несанкціонованого накопичення відходів і постійного спостереження за ними для забезпечення екологічної безпеки. Найбільш ефективним способом, який відображає свіжу інформацію про стан земної поверхні, є аналіз матеріалів дистанційного зондування Землі за допомогою ГИС-технологій у поєднанні з математичними методами. Проаналізовано існуючі способи виявлення місць скупчення відходів і визначення їхньої площі. Виявлено, що відомі способи не дозволяють ідентифікувати відходи за ступенем їхньої небезпеки. Запропоновано спосіб непрямого визначення ареалів вуглецевмісної складової звалища шляхом виключення («вирізання») зі знімка ділянок звалища з низьким ступенем небезпеки, таких, як будівельне сміття і породні маси. Визначено діапазони значень параметрів середнього значення пікселів, дисперсії, ексцесу і асиметрії для моделі виділення полігонів з будівельним сміттям і породними масами. Після ідентифікації полігону з будівельним сміттям і його оконтурення необхідно провести віднімання з результату оброблення знімка, на якому виділено всю територію звалища, результат виділення тільки з будівельним сміттям і породними масами. Результатом такого віднімання є територія звалища з переважанням вуглець матеріалів. Подано загальну модель автоматизованого розпізнавання ділянок з переважанням вуглецевмісної складової на території сміттєзвалища. Зазначено максимальний показник помилкового визначення ареалів вуглецевмісної складової звалища за періоди дослідження.

**Ключові слова:** відходи, звалище, дистанційне зондування Землі, ArcGIS, дисперсія, ексцес, асиметрія, площа звалища.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Накапливаясь на полигонах и несанкционированных свалках, отходы являются источниками формирования экологической опасности (рис. 1).

Широкое применение пластиков и различных полимерных материалов приводит к возрастанию в отходах доли углерода и углеродсодержащих соединений, что обуславливает увеличение количества различных поллютантов, включая такие высокотоксичные, как диоксины и фураны. Углеродсодержащие материалы являются основой многих видов отходов.

Есть отходы, которые не разлагаются в обычных

условиях и представляют опасность для человека и окружающей природной среды, выделяя токсичные вещества при определенных метеорологических условиях, например в жаркую погоду при нагревании. Другие отходы образуют поллютанты при разложении, сжигании и переработке, обеспечивая поступление вредных химических, химико-биологических и биологических элементов в окружающую среду. Темпы разложения разных веществ в общей массе отходов не одинаковы, поэтому и влияние отдельных фракций на образование фильтра будет различным. Это означает, что период времени, который пройдет от начала образования

свалки до начала проникновения фильтрата в грунтовые воды, является неизвестным, а следовательно, к моменту обнаружения свалки негативные последствия от влияния фильтрата на окружающую природную среду могут быть значительными.



Рисунок 1 – Придорожная несанкционированная свалка

Поэтому можно утверждать, что бесхозные отходы в местах несанкционированного скопления снижают уровень экологической безопасности. Таким образом, раннее обнаружение мест несанкционированного скопления различных видов отходов и постоянное слежение за ними являются актуальными задачами в области обеспечения экологической безопасности.

Одно из наиболее важных направлений государственной политики в сфере обращения с отходами – обеспечение полного сбора отходов для своевременного их обезвреживания и удаления с соблюдением правил экологической безопасности. Сложным при этом оказывается поиск несанкционированных мест скопления отходов [1–3].

Отличительными особенностями географических информационных технологий в системе управления экологической безопасностью являются оперативность обнаружения источников формирования экологической опасности, возможность их идентификации по степени опасности и контроля динамики их накопления. Именно эти особенности могут иметь решающее значение в предотвращении негативного влияния отходов на окружающую природную среду и как следствие способствовать повышению уровня экологической безопасности.

Отходы, накапливаемые на несанкционированных свалках, представляют собой смесь твердых веществ в виде строительного мусора, породных масс, бытовых отходов, элементов бытовой техники и т. п., среди которых нередко встречаются опасные, например батарейки, медицинские отходы, не пригодные для применения лекарственные средства, и др.

Все материалы отходов имеют различную плотность, габаритные размеры, химический состав, от-

ражающую способность, что создает определенные трудности при выявлении свалки на широкодоступных спутниковых изображениях. Методика выделения контуров свалок с использованием яркостных и текстурных методов описана в работах [4–6].

Для практической реализации системы управления экологической безопасностью при утилизации отходов [7, 8] необходимо непосредственное отделение зоны углеродсодержащей составляющей свалки от неорганической. Однако такая задача реализуется с множеством ошибок первого рода. Это объясняется тем, что органика на космических снимках по яркостным и текстурным параметрам схожа с окружающей растительностью (травой, лесами, садами) [5]. Поэтому методика выделения и распознавания территории свалки должна быть усовершенствована с целью классифицирования объектов свалки по степени их влияния на экологическую безопасность.

Объект исследования – твердые углеродсодержащие отходы.

Цель исследования – усовершенствование методики выявления несанкционированных мест скопления отходов, которая базируется на методах анализа материалов дистанционного зондирования Земли в части распознавания углеродсодержащей составляющей.

Для достижения поставленной цели решались такие задачи:

- разработка общей модели выявления мест скопления отходов по космическим снимкам со специализацией на выделение углеродсодержащей составляющей;
- определение диапазонов параметров среднего значения пикселей, дисперсии, эксцесса и асимметрии для модели выделения полигонов со строительным мусором и породными массами.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** При компьютерной обработке снимков непосредственно используют цифровые эквиваленты яркости [9]. Однако возможно конструирование искусственных яркостных признаков. Вместо цифровых эквивалентов яркости непосредственно в точках изображения можно применять средние значения яркости в окрестностях этих точек или медиану последовательности яркостей элементов в окрестности точки. В качестве яркостных признаков объектов, которые включают в себя некоторое множество элементов изображения, были использованы характеристики, описывающие форму гистограммы яркости, среднее значение яркости, дисперсия, коэффициент асимметрии, эксцесс. Эти характеристики определяются следующими выражениями

$$m = \frac{1}{n-1} \sum_{i,j} I_{i,j}; \quad (1)$$

$$D = \frac{\sum_{i,j} (I_{i,j} - m)^2}{n-1}; \quad (2)$$

$$S = \frac{\sum_{i,j} (I_{i,j} - m)^3}{(n-1)D^{3/2}}; \quad (3)$$

$$K_{\Gamma} = \frac{\sum_{i,j} (I_{i,j} - m)^4}{(n-1)D^4}, \quad (4)$$

где  $m$  – среднее значение пикселей в сканирующем окне;  $I$  – значение яркости пикселя;  $i, j$  – координаты пикселей в сканирующем окне;  $n$  – количество пикселей в сканирующем окне;  $D$  – дисперсия значений яркости;  $S$  – скошенния (асимметрия);  $K_{\Gamma}$  – эксцесс.

Для использования в компьютерной обработке снимков структурных признаков требуется применение специальных процедур их формализации. При формализации признака характера распределения яркости по площади объекта в работе [10] была использована процедура разложения поля яркости изображения в спектр пространственных частот. Для этого проводилась обработка анализируемого фрагмента изображения скользящим окном заданной формы. Для линейной обработки скользящим квадратным окном яркость преобразованного изображения определяется так:

$$f(i, j) = \sum_{i=i_0-w}^{i_0+w} \sum_{j=j_0-w}^{j_0+w} F(i, j)H(i - i_0 + w + 1, j - j_0 + w + 1), \quad (5)$$

где  $H$  – заданная матрица размером  $(2w+1) \times (2w+1)$  – маска оператора линейного превращения;  $f$  – поле параметров преобразованного изображения.

Преобразование представляет собой операцию дискретной свертки изображения с маской  $H$ . Для разложения поля изображения  $F(j, k)$  в спектр пространственных частот используют разные процедуры унитарных превращений: Фурье, Адамара, Хаара, наклонное превращение. В общем случае для скользящего окна квадратной формы размера  $N \times N$  спектральные коэффициенты  $f(u, v)$  определяют выражением

$$f(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} F(j, k)A(j, k, u, v), \quad (6)$$

где  $A(j, k, u, v)$  - ядро прямого превращения.

Набор спектральных коэффициентов является признаком, который наиболее полно характеризует изменение яркости по площади изображения. Для формализации данного признака использованы также упрощенные подходы. Один из них заключается в использовании значения градиента яркости. Для этого выполняют процедуру пространственного дифференцирования анализируемого фрагмента изображения, то есть находят производные  $\frac{\partial F}{\partial x}$  и  $\frac{\partial F}{\partial y}$  путем свертки изображения с градиентными масками  $N_x$  и  $N_y$ . В качестве формализованных

признаков использованы непосредственно значение  $\frac{\partial F}{\partial x}$  и  $\frac{\partial F}{\partial y}$  и значение модуля градиента и тангенса угла его наклона к оси  $Ox$ .

Наиболее сложной является формализация текстуры изображения, то есть объекта, который характеризует форму, размер и взаимное положение элементов, складывающих объект. Для текстуры характерна пространственная повторяемость локальной структуры поля яркости. Поэтому качественно текстуру можно характеризовать величиной периода повторяемости. Для количественного описания текстуры известны разные подходы [11, 12]. Один из них основан на анализе спектра пространственных частот. Большой текстуре отвечает спектр, энергия которого сосредоточена на низких пространственных частотах, а мелкой текстуре – на высоких.

Учитывая опыт научных и практических исследований, накопленный к настоящему времени, возникает вопрос о возможности косвенного определения ареалов углеродсодержащей составляющей свалки.

Способ косвенного определения ареалов исследования предлагается проводить путем исключения («вырезания») со снимка участков свалки с низкой степенью опасности, таких, как строительный мусор и породные массы. Эти отходы представляют меньшую опасность для окружающей природной среды и легко идентифицируются на фоне подстилающей растительной поверхности по яркостным и текстурным признакам, так как существует большой контраст (порог) по отношению к фону.

Как указано в работах [1, 6], диапазон значений пикселей, принадлежащих свалке, с целью дальнейшего ее выделения можно определить путем расчета гистограмм и разработки общей модели. Для определения участка со строительным мусором и породными массами требуется разбить область гистограммы на поддиапазоны или снова создать базу данных диапазонов статистических моментов идентифицируемых объектов путем выделения этих объектов на снимке, получая диапазоны по гистограммам.

После идентификации полигона со строительным мусором и его оконтуривания необходимо вычистить эту территорию из общей территории свалки. Результатом такого вычитания является территория свалки с преобладанием углеродсодержащих материалов. Общая модель автоматизированного распознавания полигона углеродсодержащей составляющей на территории свалки представлена на рис. 2.

В качестве практической реализации общей модели выявления и определения параметров свалки было проведено выявление мест складирования отходов, на примере Дергачевского полигона твердых бытовых отходов (ТБО) (Харьковская область).

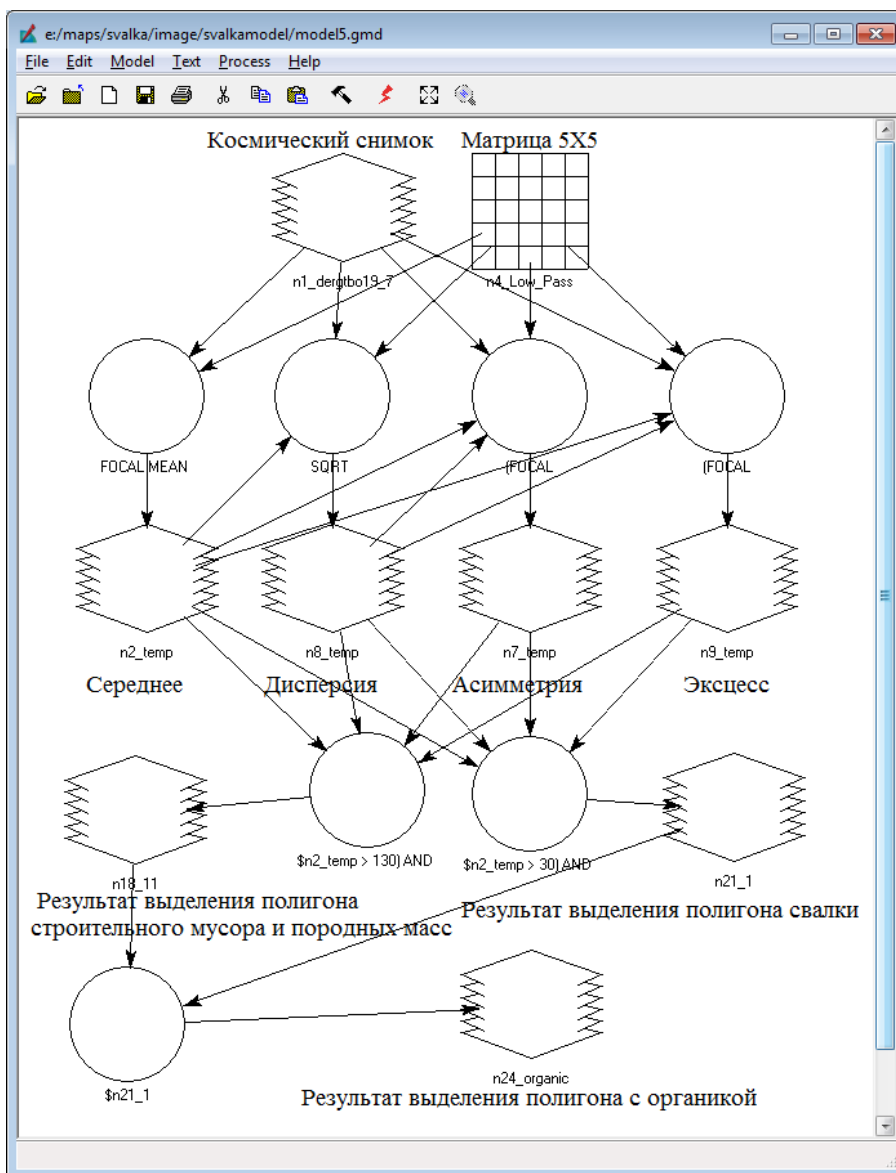


Рисунок 2 – Модель автоматизированного распознавания свалки отходов с преобладанием углеродсодержащей составляющей

Анализ проведен по космическому снимку полигона за август 2013 года (рис. 3).



Рисунок 3 - Дергачевский полигон ТБО

На первом этапе визуально анализируем исследуемую область на наличие объектов похожих на несанкционированные места скопления отходов.

При обнаружении таких объектов выделяем область, делаем привязку и сохраняем снимок для дальнейшей работы. Современные программы обработки снимков работают с новыми типами привязки, поэтому может потребоваться трансформация привязки снимков в других геоинформационных приложениях. Программа ArcGIS позволяет трансформировать тип привязки \*.w (привязка во внешнем файле) в формат поддерживающий привязку внутри формата \*.img. (рис.4).

Привязка всех космических снимков трансформирована в привязку географического типа WGS\_84 – одну из наиболее распространенных (рис. 5). Функция связки снимков по пространственным координатам позволяет в точности сопоставить пиксель на одном снимке с точно таким же на другом и проследить его изменение.

Определив в соответствии с гистограммами параметры для выявления зоны скопления отходов, соединяем их общую модель и отделяем свалку отходов от других составляющих ландшафта.

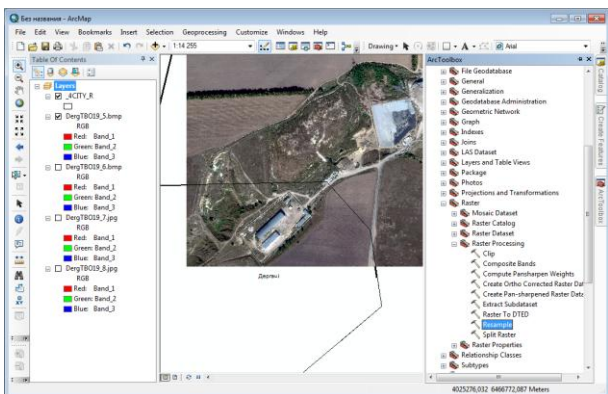
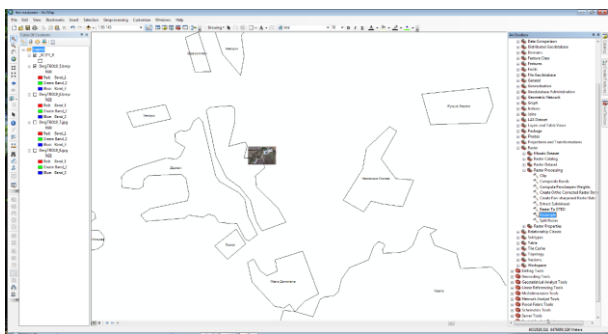


Рисунок 4 - Конвертація форматів в ArcGIS для подальшої обробки

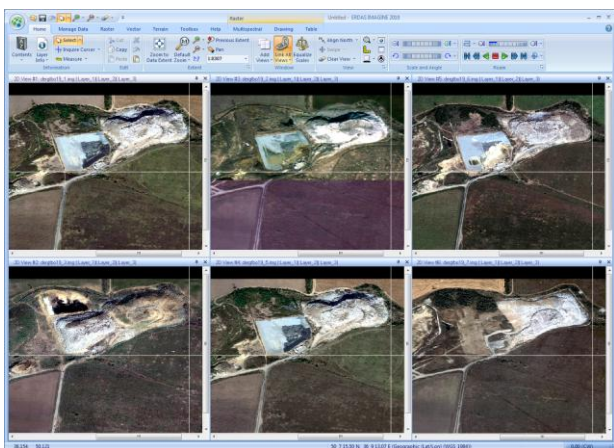


Рисунок 5 – Снимки Дергачевського полігона ТБО, з'єднані географічною прив'язкою за різні часові періоди

Полученная общая модель для выявления свалки отходов на космическом снимке позволяет отобразить границы обнаруженной свалки на карте (рис. 6).

Векторизацию и расчет площади проводят с прозрачностью, которая заложена в самой географической системе и пространственной привязке снимка к этой системе координат. Для этого снимок загружают в ArcMap (рис. 7), создают шейп-файлы и проводят классификацию (рис. 8) и векторизацию (рис. 9).

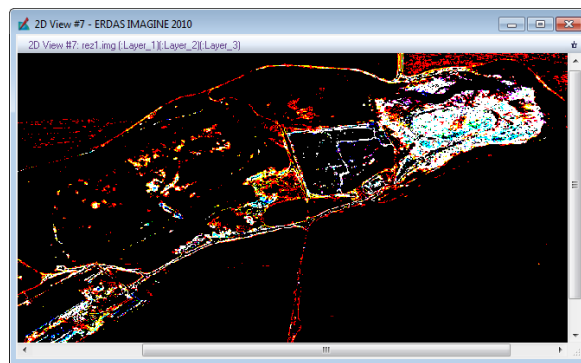


Рисунок 6 – Границы свалки, обнаруженной на космическом снимке

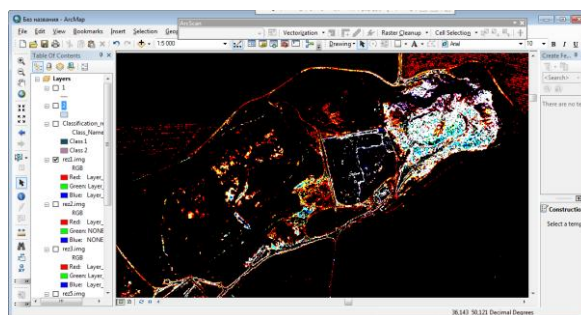


Рисунок 7 – Результат применения модели обнаружения полигона

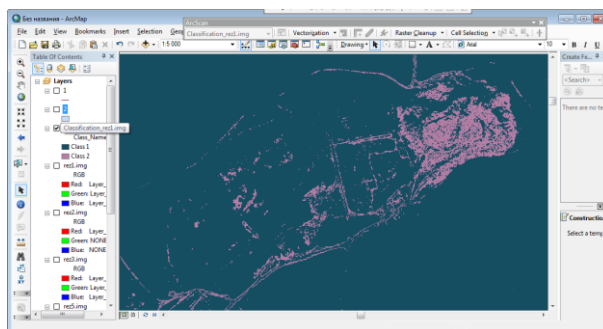


Рисунок 8 – Классифицированный полигон

Выставление параметров векторизации позволяет исключить шумы (мелкие объекты), в данном примере уровень шума был выставлен на 34 %. Результат векторизации представлен на рис. 9.

Далее проводится расчет суммарной площади полигона. Расчетная площадь составила 52 тыс. м<sup>2</sup>. (рис. 10).

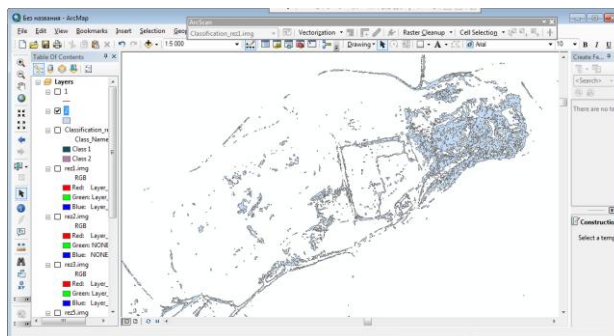


Рисунок 9 – Векторизованный полигон

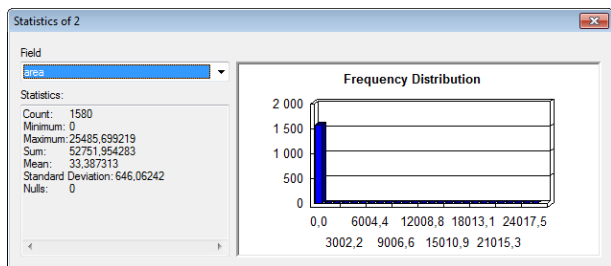


Рисунок 10 – Площадь виявленої свалки в м<sup>2</sup>

Как критерий оценки точности определения площади полигона можно ввести показатель  $n$ , который будет вычисляться как соотношение пикселей ложного определения свалки к величине всех пикселей [13]:

$$n = \lim_{N \rightarrow \infty} (N/k), \quad (7)$$

где  $N$  – количество всех выделенных пикселей;  $k$  – количество пикселей выделенных ошибочно как территория свалки.

Максимальный показатель ложного определения за периоды исследования составляет:

$$k = 857871 - 623749 = 234122, \\ N = 7928316, \\ n = 33,9 \%$$

Таким образом, предложенный способ оперативного обнаружения несанкционированных мест скопления отходов и выделения ареалов углеродсодержащей составляющей свалки позволяет обеспечить полноту сбора отходов для их безопасной утилизации и обеспечивает дальнейшее развитие общей модели выявления свалок по космическим снимкам, которая базируется на методах дистанционного зондирования в сочетании с ГИС-технологиями и методами математического моделирования.

**ВЫВОДЫ.** Для решения задачи обнаружения мест источников формирования экологической опасности выполнено следующее:

1. Обоснован выбор способа обнаружения источников формирования экологической опасности техногенного характера.
2. Получила дальнейшее развитие общая модель выявления мест скопления отходов по космическим снимкам со специализацией на выделение углеродсодержащей составляющей отходов.
3. Введен критерий оценки точности определения площади полигона. Определен максимальный показатель ложного определения ареалов углеродсодержащей составляющей свалки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мониторинг несанкционированных мест скопления отходов с использованием космических снимков / В.В. Вамболь, В.М. Шмандий, Д.Л. Крета // Технологический аудит и резервы производства. – Х., 2015. – № 5/6 (25). – С. 42–45.

2. Выявление источников формирования экологической опасности с использованием геоинформационных систем / С.А. Вамболь, В.В. Вамболь, С.С. Зинченко // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сб. статей по материалам VI Всерос. науч.-практ. конф.: в 2 ч. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России, 2015. – Ч. 1. – С. 34–38.

3. Зинченко С.С., Вамболь В.В. Раннее обнаружение несанкционированных мест складирования отходов, как способ предупреждения техногенных ЧС // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: КИИ МЧС РБ, 2015. – С. 29.

4. Доманська М.В., Боднар С.П. Ідентифікація несанкціонованих звалищ побутових відходів за матеріалами ДЗЗ // Часопис картографії. – 2013. – Вип. 7. – С. 114–126.

5. Орешкина Л.В. Обнаружение и распознавание класса объектов на многозональных изображениях дистанционного зондирования // Информатика. – 2005. – № 2. – С. 79–85.

6. Новохацька Н.А. Комплексна оцінка та прогнозування впливу сміттєзвалищ на складові довкілля: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Новохацька Наталя Анатоліївна. – К.: Київ. Нац. ун-т будівництва і архітектури, 2015. – 22 с.

7. The systematic approach to solving the problem of management of ecological safety during process of biowaste products utilization [Електронний ресурс] / V.V. Vambol', V.M. Shmandij, S.O. Vambol', O.M. Kondratenko // Екологічна безпека. – 2015. – Вип. 1. – С. 7–11.

8. Шмандий В.М., Вамболь В.В. Системный подход к решению задачи управления экологической безопасностью при утилизации отходов жизнедеятельности // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. тр. науч.-экол. конф. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – С. 680–685.

9. Тикунов В.И. Геоинформатика: академический учебник. – М.: Академия, 2006. – 540 с.

10. Клименко В.І. Застосування сучасних інформаційних технологій для досліджень екологічного стану Шацьких озер // Екологічна безпека та природокористування. – 2010. – № 6. – С. 103–122.

11. Калініна Н.Ю. Розпізнавання структури кольорових фотограмметричних зображень земної поверхні за спектральними і структурними ознаками // Праці ТДАТУ. – 2013. – Вип. 4. – Т 53. – С. 66–71.

12. Красовский Г.Я., Петросов В.А. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды. – Х.: ХАИ, 1999. – 205 с.

13. Основы построения РЛС / В.П. Блохин, Б.Ф. Бондаренко, В.Т. Неснов, В.Е. Угольников. – К.: КВИРТУ ПВО, 1987. – 368с.

**IDENTIFICATION OF SOURCES OF FORMATION OF THE ENVIRONMENTAL HAZARDS  
IN AN UNAUTHORIZED AMOUNTS OF WASTES**

**V. Vambol**

National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute»

vul. Chkalov, 17, Kharkiv, 61070, Ukraine. E-mail: violavambol@gmail.com

**Purpose.** Improving the methodology for the identification of unauthorized places of waste accumulation, which is based on the methods of analysis of remote sensing, in recognition of the organic component. **Methodology.** The most effective way that reflects the latest information on the state of the earth's surface, is the analysis of remote sensing with GIS technology combined with mathematical methods. It was analyzed the existing methods of identifying concentrations of waste and determine their area. It was found that the known methods do not allow to identify the waste according to their degree of danger. **Results.** A method for the indirect determination of areas of the carbonaceous component of the landfill by eliminating ("cutting") from a picture landfill sites with low risk, such as debris and rock mass. The ranges of values of the parameters of the average value of pixel variance, kurtosis and asymmetry model selection ranges from the debris and the rock mass were determined. After identification of the landfill with construction waste and contouring, it is necessary to subtract the result from the image processing, which highlights the whole territory of the dump, snapshot isolation results only from the debris and the rock mass. The result of this subtraction is the territory of the landfill with a predominance of carbon-containing materials. **Originality.** The paper presents a model of the automated detection areas with a predominance of the carbonaceous component of the territory of the landfill. We determined the maximum rate of false definition of areas carbonaceous component of the landfill during the study period. **Practical value.** This method of identification of carbonaceous waste in a landfill ensures full collection of waste for disposal and timely removal of their compliance with the rules of environmental safety. References 13, figures 10.

**Key words:** waste, dump, remote sensing of the Earth, ArcGIS, variance, kurtosis, skewness, the area of the landfill.

REFERENCES

1. Vambol', V., Shmandij, V., Kreta, D. (2015), "Monitoring of unauthorized places of waste accumulation using satellite imagery", *Technology audit and production reserves*, no. 5/6(25), pp. 42–45.
2. Vambol', S., Vambol', V., Zinchenko, S. (2015), "Identifying sources of environmental hazards with the use of geographic information systems", *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy, Sb. statey po materialam VI Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Fire safety: problems and prospects: a collection of articles on materials of VI All-Russia. scientific-practical. Conf: 2 parts], Voronezh, FGBOU vo Voronezhskiy institut GPS MCHS Rossii, no. 1, pp. 34–38.
3. Zinchenko, S.S. (2015), "Early detection of unauthorized waste storage sites as a way to prevent man-made disaster", *Obespechenie bezopasnosti zhiznedeiatel'nosti: problemy i perspektivy, Sb. mat. mezhdunar. nauch.-praktich. konf.* [Ensuring health and safety: problems and prospects: Intern. scientific-practical. conf], Minsk, KII MChS RB, 29, p. 29.
4. Domanska, M.V., Bodnar, S.P. (2013), "Identification of unauthorized dumps waste based on RS", *Chasopys kartohrafii*, no. 7, pp. 114–126.
5. Oreshkina, L.V. (2005), "Detection and identification of a class of objects on multispectral remote sensing images", *Informatika*, no. 2, pp. 79–85.
6. Novokhatska, N.A. (2015), "Comprehensive assessment and forecasting the impact of landfills on the environment components", Thesis abstract for Cand. Sc. (Engineering.), 21.06.01, Kyiv, Kyiv. nats. un-t budivnitstva i arkhitekturi, Ukraine.
7. Vambol', V., Shmandij, V., Vambol', S., Kondratenko, O. (2015), "The systematic approach to solving the problem of management of ecological safety during process of biowaste products utilization", *Ekolohichna bezpeka*, no. 1(19), pp. 7–11.
8. Shmandij, V., Vambol', V. (2015), "A systematic approach to solving the environmental control problems when disposing of waste", *Problemy rekultivatsii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohoziastvennogo proizvodstva, Sb. tr. nauch. ekologich. konf.* [Problems of reclamation of waste household, industrial and agricultural production], Krasnodar: Kubanskii gos. agrarnyi un-t., pp. 680–685.
9. Tikunov, V.S. (2006), *Geoinformatika* [Geoinformatics], Akademiya, Moskva, Russia.
10. Klimenko, V.I. (2010), "The use of modern information technology to study the ecological state of the Shatskikh lakes", *Yekologichna bezpeka ta prirodokoristuvannya*, vol. 6, pp. 103–122.
11. Kalina, N.Yu. (2013), "Recognition of colored structure photogrammetric images of the earth's surface spectral and structural characteristics", *Pratsi TDATU*, vol. 4, no 53, pp. 66–71.
12. Krasovskiy, G.Ya. (1999). *Vvedeniye v metody kosmicheskogo monitoringa okruzhayushchey sredy* [Introduction to Space Environment Monitoring], KHAI, Kharkov, Ukraine.
13. Blokhin, V.P., Bondarenko, B.F., Nesnov, V.T., Ugol'nikov, V.Ye. (1987). *Osnovy postroyeniya RLS* [Fundamentals of RLS], KVIRTU PVO, Kharkov, Ukraine.

Стаття надійшла 25.01.2016.