

2. Предложена модель для описания изображений с помощью условных вероятностных последовательностей для покадрового логического сравнения изображений при значительной априорной неопределенности параметров изображений фона и объекта во времени и в пространстве.

Исследования проводились в среде моделирования LabVIEW.

Бинарное поле признаков можно использовать для построения алгоритмов измерения параметров движения (скорость, ускорение, траектория) с высокой точностью и с программной эффективностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Chernoff H.* A measure of asymptotic efficiency for tests of a hypothesis based on the sum of observation // *Annals of Mathematical Statistics.* – 1952. – Vol. 23, № 4. – P. 493-507.
2. *Lucas B.D., Kanade T.* An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision // *Proceedings of Imaging Understanding Workshop, Carnegie-Mellon University.* – 1981. – P. 121-130.
3. *Frucci M.; Sanniti di Baja G.* From Segmentation to Binarization of Gray-level Images // *Journal of Pattern Recognition Research.* – 2008. – № 3 (1). – P. 1-13.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. В.П. Тепин.

Чернов Валерий Николаевич – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: prof@vnchernov.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Фрунзе, 61, кв. 40; тел.: 89081804272; кафедра теоретических основ радиотехники; к.т.н.; доцент.

Chernov Valery Nikolayevich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: prof@vnchernov.ru; 61-40, Frunze street, Taganrog, 347900, Russia; phone: 89081804272; the department of fundamentals of radio engineering; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 004.932.2

В.Г. Бондур, А.Б. Мурынин, А.А. Рихтер, М.А. Шахрамьян

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЫ ПО МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Описан алгоритм оценки степени деградации почв с использованием аэрокосмических изображений. Представлена блок-схема программного модуля, реализующего предложенный алгоритм. Приведен пример исследования деградации почвы при замусоривании в районах крупных городских свалок. Рассмотрены результаты исследования деградации почвы на тестовом участке, включающем: полигон твердых бытовых отходов Кучино (Московская область, Балашихинский район, городской округ Железнодорожный), который является наиболее крупным в Московской области. Проводится сравнение тестового участка с его окрестностями и прилегающими населенными пунктами. Проведен анализ результатов обработки тестового участка по засоленности и влагопотере почвы.

Степень деградации почвы; индексы состояния подстилающей поверхности; замусоривание почвы; дистанционная оценка состояния почвы.

V.G. Bondur, A.B. Murynin, A.A. Richter, M.A. Shakhramanyan

DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR ASSESSMENT OF A DEGREE OF SOIL DEGRADATION FORM MULTISPECTRAL IMAGES

The algorithm for evaluation of soil degradation extent using space images is described. The general block diagram of the program module implementing the algorithm is presented. The example of study of soil degradation caused by littering in the region of large disposal dump is presented. Results of soil degradation study are considered for the test area including the city dump of Kuchino (Moscow region, Balashikha, city district of Railway), that is the largest disposal dump of the Moscow region. The test area is analyzed in comparison with its vicinity and adjacent settlements. The results are analyzed for soil saltiness and loss of moisture at the test area.

Extent of soil degradation; indexes of underlying surface conditions; soil littering; remote evaluation of soil.

Введение. Деградация почв – совокупность процессов, которые приводят к изменению функций почв, количественному и качественному изменению их свойств, постепенному ухудшению и утрате плодородия [1]. Главной причиной деградации почв является антропологический фактор: индустриализация, урбанизация, загрязнение твердыми и жидкими отходами, отравление почвы пестицидами. Целью научного исследования является разработка алгоритма выявления по космическим изображениям участков земли, подверженных деградации, установка причины деградации, а также ее количественная оценка. К задачам исследования относятся: получение изображений участков поверхности земли, подверженных деградации, определение критериев деградации и оценка деградации почвы по этим критериям, разработка программного модуля оценки степени деградации.

Описание алгоритма оценки степени деградации почвы. Степень деградации почвы (СДП) – параметр, характеризующий угнетенность растительного покрова. Чем больше его значение, тем хуже состояние растительности. Для оценки СДП используются мультиспектральные снимки, например, полученные со спутников *LandSat 4-5 TM*. Снимки должны быть геопривязанные, атмосферно скорректированные и без облаков.

Входные данные алгоритма: каналы 1, 3, 4 и 6 мультиспектральных снимков *LandSat 4-5 TM* за данный период наблюдений (ПН), обычно не меньше 10 лет; данные о количестве осадков в районе исследований за тот же период. Выходные данные алгоритма: СДП в виде изображений; функциональная зависимость между площадью деградации и СДП. Вычисление СДП основано на расчете индексов состояния подстилающей поверхности (ИСПП) с последующим вычислением параметров регрессии. Расчет ИСПП *RVI*, *NDVI*, *VCI* и *TCI* – см. [2, 3]. Наиболее информативными ИСПП являются *NSI* – индекс засоленности, *N5* – индекс засухи и *N6* – индекс влагопотери. Они рассчитываются по следующим формулам:

$$NSI = \frac{SI_{\max} - SI}{SI_{\max} - SI_{\min}}, N5 = \frac{n5_{\max} - n5}{n5_{\max} - n5_{\min}}, N6 = \frac{n6_{\max} - n6}{n6_{\max} - n6_{\min}};$$

$$SI = \sqrt{q_1^2 + q_3^2}, n5 = TCI - VCI, n6 = P - VCI,$$

где *SI* – индекс засоленности пикселя [5], q_1 – КСЯ пикселя на 1-м канале снимка, SI_{\min} – минимальное значение *SI* за ПН, SI_{\max} – максимальное значение *SI* за ПН, *n5* – относительный индекс засухи пикселя, $n5_{\min}$ – минимальное значение индекса *n5* за ПН, $n5_{\max}$ – максимальное значение индекса *n5* за ПН, *N6* – относительный индекс влагопотери пикселя, *P* – величина, постоянная для каждой даты и равная количеству осадков в районе исследований, $n6_{\min}$ – минимальное значение индекса *n6* за ПН, $n6_{\max}$ – максимальное значение индекса *n6* за ПН.

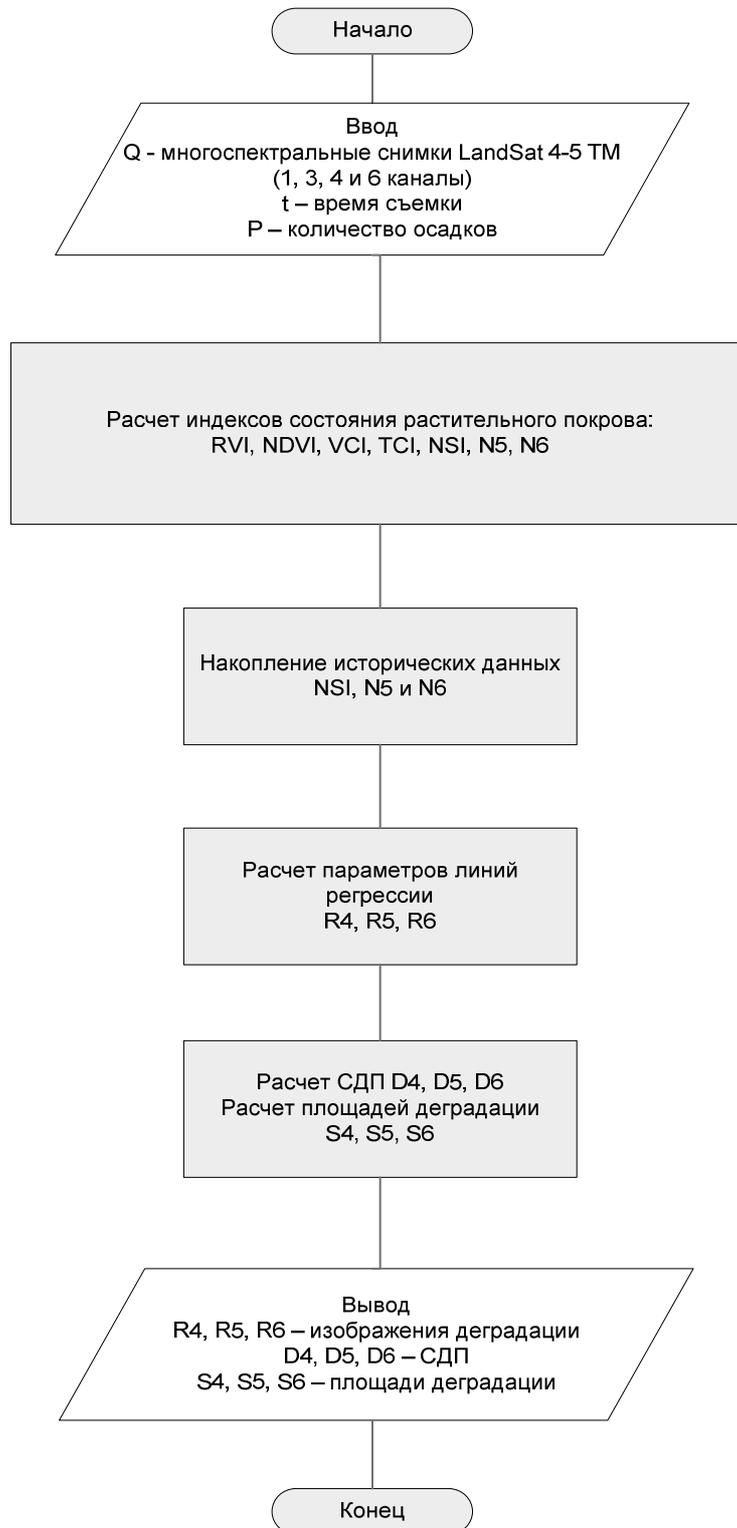


Рис. 1. Блок-схема алгоритма оценки степени деградации почвы (СДП)

Алгоритм оценки СДП включает (см. рис. 1):

1. Расчет ИСПП для заданной области.
2. Построение временных рядов индексов NSI , $N5$ и $N6$.
3. Расчет линий регрессии временных рядов.
4. Расчет выходных массивов: R_4 – по индексу засоленности (NSI), R_5 – по индексу засухи ($N5$) и R_6 – по индексу влагопотери ($N6$).
5. Расчет по каждому из массивов своих значений СДП: D_4 , D_5 , D_6 , а также площадей S_4 , S_5 , S_6 , соответствующих данным значениям СДП [4].

Результаты. Состояние почвы исследовалось на примере буферной зоны полигона твердых бытовых отходов (ТБО) Кучино Московской области. Входными данными были 46 мультиспектральных снимков *LandSat 4–5 TM* окрестности полигона за период 1983–2010 гг. пространственного разрешения 30 м. Сторона квадрата снимка – 3030 м.

Таблица 1

Критерии оценки степени деградации почвы (СДП)

СДП	По индексу засоленности		По индексу влагопотери	
	Оценка СДП	Площадь, га	Оценка СДП	Площадь, га
Низкая	0–0,16	140	0–0,94	740
Средняя	0,16–0,56	75	0,94–0,97	130
Высокая	0,56–1	30	0,97–1	40

На рис. 2 показаны функциональные зависимости площадей деградации от СДП $S_4(D_4)$ и $S_6(D_6)$ (шаг 5 алгоритма). По осям абсцисс D_4 и D_6 отложены СДП x , а по осям ординат – площади y подстилающей поверхности, имеющие СДП не больше x . Засуха в окрестности полигона не обнаружена, поэтому зависимость $S_5(D_5)$ не определена. Критерий деградации по индексу засоленности и влагопотери показан в табл. 1. В обоих случаях эталон сильной деградации – участок захоронения отходов, средней – ближайшая окрестность полигона.

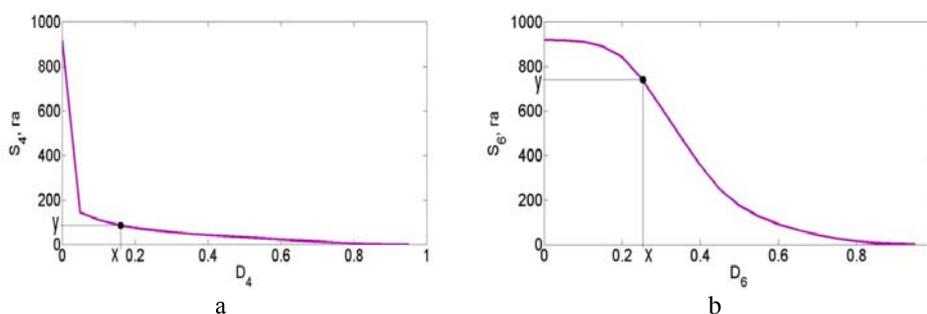


Рис. 2. Результаты расчетов функциональных зависимостей: а – $S_4(D_4)$ (по индексу засоленности); б – $S_6(D_6)$ (по индексу влагопотери)

Экспоненциальный характер первого графика обусловлен тем, что СДП по индексу засоленности выше 0,2 имеет свалка и ближайшая ее окрестность, а ниже – природная среда (леса, поля и водоемы окрестности), занимающая большую часть снимка. Квадратичный характер второго графика обусловлен тем, что разница в индексах влагопотери свалки и природной среды значительно меньше, чем в индексах засоленности.

Выводы. Анализ выходных массивов R_4 , R_5 и R_6 показывает:

1. Засоленность является характерным признаком замусоривания почвы.
2. Высокий индекс влагопотери свойственен не только замусоренной почве, но и другим объектам, таким как водоемы, асфальт, крыши зданий.

Лес значительно больше потребляет воды, чем поле, что делает первый более устойчивым к деградации. Лес является, в основном, экраном загрязнения и деградации почвы, а поле, в основном, переносчиком.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель: Прил к письму Ком. РФ по земел. ресурсам и землеустройству от 27.03.1995 г. №3-15/582.
2. *Щербенко Е.В.*, Мониторинг засухи по данным космических съемок // 4-я Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: Сб. тезисов конференции. – М.: ИКИ РАН, 13-17 ноября 2006 г.
3. *Crippen R.E.* Calculationg the vagitation index faster // Ramote sensing of Environment. – 1990. – Vol. 34. – P. 71-73.
4. *Шовенгердт Р.А.*, Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
5. *Garcia L.A., Foged N. and Cardon G.* A ГИС-Based Model to Estimate Relative Краснояuction in Crop Yield Due to Salinity and Waterlogging: Philosophy and Development // ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering. – 2006. – № 132 (6). – P. 553-563.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Р.Г. Мамин.

Бондур Валерий Григорьевич – Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «Аэрокосмос»; e-mail: office@aerocosmos.info; 105064, г. Москва, Гороховский пер. 4; тел.: +74956321654; директор; академик РАН; д.т.н.; профессор.

Рихтер Андрей Александрович – e-mail: urfin17@yandex.ru; тел.: +7915 3554564; инженер.

Шахраманьян Михаил Андраникович – e-mail: 7283763@mail.ru; тел.: +74957283763; зам. директора по научной работе; д.т.н.; профессор.

Мурынин Александр Борисович – e-mail: AMurynin@bk.ru; тел.: +79266902722; старший научный сотрудник; к.т.н.

Bondur Valery Grigoryevich – Research Institute for Aerospace Monitoring “Aerocosmos”; e-mail: office@aerocosmos.info; 4, Gorokhovskij, Moscow, 105064, Russia; phone: +74956321654; director; academician of Russian Academy of Sciences; dr. of eng. sc.; professor.

Rikhter Andrey Alexandrovich – e-mail: urfin17@yandex.ru; phone: +79153554564; engineer.

Shakhramanyan Mikhail Andranikovich – e-mail: 7283763@mail.ru; phone: +74957283763; deputy director of scientific research; dr. of eng. sc.; professor.

Murynin Alexander Borisovich – e-mail: AMurynin@bk.ru; phone: +79266902722; senior researcher; cand. of eng. sc.