

SOIL MONITORING USING REMOTE-SENSED DATA

Summary

Problems of soil monitoring based on the analysis of polyzonal satellite images and mobile multispectral touch system information are considered. The technology of digital map creation of organic substances spatial distribution in ground is offered.

ПОЧВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Аннотация

Рассмотрены проблемы почвенного мониторинга почвы, основанного на анализе многозональных спутниковых изображений и информации, полученной при помощи мобильной многоспектральной сенсорной системы. Предложена технология создания цифровой карты пространственного распределения органических веществ в почве.

Введение

Продовольственная и экологическая безопасность тесно взаимосвязаны. Внесение в почву минеральных удобрений и применение ядохимикатов позволяет повысить урожайность и в то же время наносит экологический ущерб окружающей природе и человеку. Разрешить указанное противоречие можно за счет дозированного адресного внесения минеральных удобрений и ядохимикатов, а для этого необходимо составить цифровую карту пространственного распределения в почве минеральных и органических веществ, обнаружить участки местности, на которых требуется защита растений или внесение удобрений. В последние годы уделяется большое внимание технологиям, программным и техническим средствам обработки спутниковой информации для поддержки принятия решений в интересах точного земледелия, мониторинга и защиты растений, учета посевных площадей.

Возможности спутникового мониторинга ограничены погодными условиями и невысокой разрешающей способностью мультиспектральных изображений. Недостатки спутникового мониторинга можно компенсировать за счет сенсорной системы, которая формирует мультиспектральное изображение почвы на глубине от 10 до 20 см.

1. Особенности использования информации дистанционного наблюдения в интересах точного земледелия

В Беларуси разрабатываются технологии дистанционного (неконтактного) анализа почвы и адресного внесения минеральных и органических удобрений в почву. При этом разработки направлены как на повышения точности дистанционного анализа почвы, так и на уменьшение площади элементарного участка, на котором производится снятие спектральных характеристик почвы.

В настоящее время проблема точности автоматической координатной привязки элементарного участка

почвы практически решена. В то же время определенные трудности представляет задача создания тематической карты пространственного распределения питательных веществ в почве при работе с элементарными участками местности небольших размеров. Это связано с необходимостью использования топографических карт масштаба (1:5000, ..., 1: 10000) и крупных планов местности.

Точность дистанционного анализа почвы зависит от способа определения содержания в ней органических и минеральных веществ. Наиболее распространенные методы дистанционного мониторинга почвы основаны на регистрации спектральных характеристик растительности (косвенные методы) и непосредственно почвы и дальнейшей их интерпретации. Регистрация спектральных характеристик почвы может осуществляться как с борта космического аппарата [1, 2], так и при помощи мультиспектральной системы (МСС) [3], которая перемещается в почве на глубине 10-20 см при проведении агротехнических операций. Недостатками спутникового мониторинга почвы являются: сильная зависимость полученных данных от погодноклиматических условий, сложность их интерпретации, невысокая разрешающая способность космических изображений и отсутствие возможности осуществлять настройку спектрофотометрической аппаратуры. К недостаткам внутрпочвенного мониторинга необходимо отнести зависимость полученных данных от влажности почвы и отсутствие в настоящее время экспериментально проверенных методик интерпретации полученной информации. При мониторинге почвы с помощью МСС формируется изображение, каждый пиксель которого характеризует элементарный участок площадью от двух квадратных метров.

В ОИПИ НАН Беларуси разрабатываются методы компьютерной обработки и тематического дешифрирования спутниковых снимков местности и мультиспектральных изображений почвы. Несмотря на разные способы получения, для обработки изображений местности и почвы используются одни и те же алгоритмы и программные комплексы. Это стало возможным благодаря преобразованию мульти-

спектрального изображения почвы, представленного в векторном виде, в растровое стандартного формата (TIFF, GeoTIFF, JPEG, BMP и др.).

Проблема интерпретации результатов обработки мультиспектральных изображений решается за счет выбора представительных участков местности, взятии проб почвы и ее лабораторного анализа. В результате устанавливается связь между спектральной отражательной способностью почвы и процентным содержанием в ней органических веществ и минеральных удобрений. При проведении спутникового мониторинга почвы необходимо создать сеть опорных участков почвы с известными геодезическими координатами. Высокая стоимость получения и анализа опорного участка почвы (5-10 дол. США) не позволяет создать опорную сеть с шагом несколько метров. В Беларуси площадь элементарного участка почвы составляет от 5 до 8 га, что ограничивает возможность использования спутниковых изображений в интересах точного земледелия при проведении агротехнических операций на больших площадях. Под элементарным участком почвы понимается местность, на которой сохраняются усредненные характеристики почвы.

2. Пути решения проблемы

Снизить затраты на создание цифровых карт распределения органических и минеральных удобрений в почве можно за счет комплексного исследования спектральных характеристик местности, получаемых с борта космического аппарата и при помощи МСС. При этом не требуется жесткая временная привязка процессов получения изображений местности и почвы.

Известные методы совмещения спутниковых изображений сводятся к поиску сети опорных точек и преобразованию их в некоторую систему координат. Для пересеченной местности необходимо иметь информацию о рельефе. При формировании векторного представления мультиспектрального изображения почвы производится геодезическая привязка центра элементарного участка. Траектория движения МСС повторяет рельеф местности. При мониторинге почвы на холмистой местности размеры элементарного участка могут отличаться от расчетных по данным GPS приемника. Контролировать длину элементарного участка местности можно по средней скорости движения МСС, а геодезическую привязку производить через 1 с. В этом случае при движении со скоростью 5 км/час мультиспектральная сенсорная система проходит 1,4 м/с. Система сканирует почву с частотой 140 Гц. Далее осуществляется ежесекундное усреднение сигналов, поступающих с выхода многоканального спектрометра. При необходимости можно принять длину элементарного участка почвы 10 см, увеличив на порядок скорость сканирования.

Отсутствие у большинства потребителей цифровой матрицы рельефа местности (ЦМР) с шагом от одного до десяти метров не позволяет получить плановое мультиспектральное изображение почвы крупного масштаба. Указанная проблема может быть решена, если синхронизировать скорость движения МСС с частотой сканирования и вычисления геодезических координат элементарного участка почвы. В этом случае при наличии на местности сети геодезических пунктов

можно вычислить перепады ее высоты и далее создать ЦМР.

Составлен каталог спектральных и физико-химических свойств почв Беларуси [4]. В нем представлены коэффициенты отражения различных почв в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,0 мкм, а также коэффициенты диффузного отражения и процентного содержания органического вещества в дерново-подзолистых и других почвах в диапазонах: 440, 450, 488, 490, 500, 520, 540, 554, 580, 590, 596, 640 и 690 нм.

Универсального метода выбора спектральных каналов наблюдения за местностью и почвой не существует. Исходя из решаемой задачи, необходимо провести экспериментальные исследования зависимости спектральной отражающей способности объекта наблюдения от условий его освещения, влажности, размеров, структуры, пространственной ориентации, методов обработки полученных данных и требуемой достоверности их интерпретации.

В процессе тематического дешифрирования мультиспектрального изображения необходимо произвести классификацию каждого его пикселя, т. е. принять решение о его принадлежности объекту (явлению, свойству) A_i с максимальной вероятностью $p(A_i)=p_{\max}$. Очевидно, что тематическая классификация отдельных пикселей задача трудоемкая и не всегда оправдана, особенно когда пикселю соответствуют небольшие участки местности.

Для оперативного принятия решения о принадлежности совокупности спектральных признаков некоторому объекту (свойству, явлению) используется интегральный спектральный коэффициент отражения

$$B_{\lambda} = \sum_{i=1}^n \gamma_i B_i,$$

где γ_i – коэффициент вклада i -го спектрального канала.

3. Программно-технический комплекс мониторинга почвы

На рис. 1 приведена функциональная схема программно-технического комплекса формирования цифровой карты пространственного распределения в почве минеральных и органических веществ. Комплекс позволяет осуществлять геодезическую привязку элементарных участков почвы с точностью до 3 м в местной системе координат. Исходной информацией для комплекса являются данные, полученные от МСС, координаты элементарных участков почвы и карты-схемы (планы) сельхозугодий, которые не имеют координатной сетки. Комплекс позволяет оцифровывать карту-схему и преобразовывать ее в цифровую карту местности. Это позволяет формировать мультиспектральное изображение почвы в выбранном пользователем графическом формате. Далее производится классификация мультиспектрального изображения, при которой каждому пикселю ставится в соответствие процент содержания органических (минеральных) веществ. В результате будет получено полутоновое изображение почвы, яркость пикселей которого соответствует концентрации в почве минеральных (органических) веществ. При этом каждый

участок полученного изображения имеет геодезическую привязку на местности.

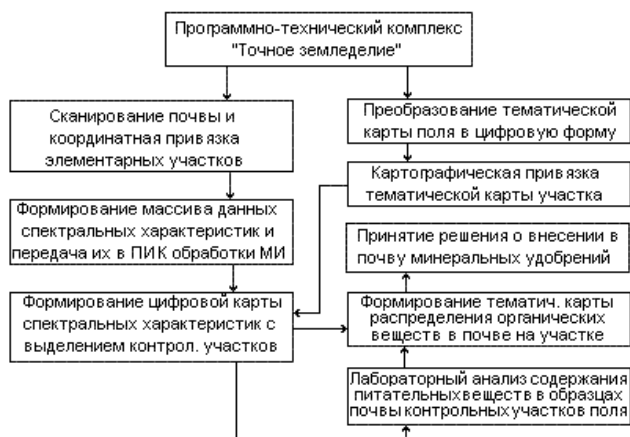


Рис. 1. Функциональная схема программно-технического комплекса «Точное земледелие»

Программно-информационный комплекс позволяет получать данные для управления устройством дозированного внесения минеральных веществ в почву. Точность геодезической привязки элементарного участка почвы площадью 0,1 га составляет 3-5 м.

Заключение

Разрабатываемые в ОИПИ НАН Беларуси технологии и методы обработки мультиспектральных изображений, получаемых в результате дистанционного зондирования Земли из космоса и дистанционного зондирования почвы при помощи мультиспектральной

сенсорной системы, позволяют создать тематические карты местности в интересах точного земледелия.

Проблема создания цифровых карт распределения органических и минеральных веществ в почве состоит в трудности интерпретации данных, полученных с борта космического аппарата и МСС.

В настоящее время вопросы координатной привязки элементарных участков местности с точностью 3-5 м практически решены.

Литература

- [1] Кравцова В.И. Изучение промышленного воздействия на северную растительность по космическим снимкам: трудности и нерешенные проблемы // Исследование земли из космоса. – М.: Наука, 1999. – № 1. – С. 112-121.
- [2] Определение вегетационного индекса. Россия. ИТЦ СканЭкс. 2001. <http://www.scanex.ru/rus/stations/ndvi.htm>
- [3] Shibusawa S., Ehara K., Okayama N., Umeda H., Hirako S. A real-time multi-spectral soil sensor: predictability of soil moisture and organic matter content in a small field. In: Proceedings of the 5th European Conference on Precision Agriculture, eds. J. Stafford, Wageningen Academic Publishers. – The Netherlands, 2005. – P. 495-502.
- [4] Исследование оптических и физико-химических свойств почв Беларуси. Каталог спектральных и физико-химических свойств почв Беларуси. Часть 1. / А.Ю. Жу-марь, А.А Ковалев, С.И. Кононович и др. – Мн., 1992. – (Препринт / РНТЦ «Экомир»; № 2).