

Условие полной интегрируемости уравнения (1) имеет вид равенств

$$A_k A_j + \frac{\partial y}{\partial x} = A_j A_k + \frac{\partial A_j}{\partial A_k} \quad (2)$$

которые должны выполняться для каждой пары матриц A_k, A_j ($1 \leq j < k \leq n$).

Определение 1. Уравнение (1) стабильно (устойчиво), если замыкание каждой ее интегральной поверхности содержит нулевую интегральную поверхность.

Определение 2. Матрица $A_j \in M^{m \times n}(C)$ называется аддитивной матрицей Пуанкаре, если выпуклая оболочка векторов из R^m составленная из действительных частей самих элементов ее строк, не содержит начала координат (точку 0).

Заметим, что для всякого семейства попарно коммутирующих между собой матриц $A_1, \dots, A_m \in M(n, C)$ существует такая матрица $B \in GL(n, C)$, что преобразованием подобия с матрицей B семейство матриц $\{A_1, \dots, A_m\}$ приводится к нормальной форме.

Определение 3. Семейство квадратных попарно коммутирующих между собой матриц $\{A_1, \dots, A_m\}$ имеет нормальную форму, если каждая матрица A_j блочнодиагональна, причем для каждого $j \in \overline{1, m}$ все блоки A_{1j}, \dots, A_{mj} имеют одинаковую размерность, а каждый блок A_{ij} верхнетреуголен и имеет одинаковые собственные числа.

Теорема. Уравнение (1) стабильно, если семейство попарно коммутирующих матриц $\{A_1, \dots, A_m\}$ имеет нормальную форму, и матрица A из $A_j \in M^{m \times n}(C)$, столбцы $\lambda_{(1)}, \dots, \lambda_{(m)}$ которой совпадают с диагоналями матриц A_1, \dots, A_m , является аддитивной матрицей Пуанкаре.

Из теоремы следует, что создание согласованной программы развития кооперирующихся предприятий снимает возможность убыточности.

Список использованной литературы

1. Основы информационных технологий Н.Г. Серебрякова, О.Л. Сапун, Р.И. Фурунжиев – Минск: БГАТУ, 2014. – 250 с.
2. Серебрякова, Н.Г., Быков, В.Л. Информатика: учебное пособие. / Н.Г. Серебрякова, В.Л. Быков. – Минск: БГАТУ, 2013. – 652 с.
3. Множества устойчивости и экспоненциальной устойчивости однопараметрических семейств линейных дифференциальных систем со слабой зависимостью от параметра / Н.Г. Серебрякова // Весці БДПУ. Серья 3. – 2012. – № 4. – С. 3–11.
4. О кинематическом подобии непрерывных матриц с параметром-множителем / Н.Г. Серебрякова // Весці БДПУ. – Серья 3. – 2013. – № 4. – С.
5. Серебрякова, Н.Г. Линейные дифференциальные системы с параметром-множителем и произвольным открытым множеством экспоненциальной устойчивости / Н.Г. Серебрякова // Тез. докл. межд. научн. конф « XI Белорусская математическая конференция». Минск. 4–9 ноября 2012г. – ИМ НАН РБ, 2012г. Ч. 2–С. 31.
6. Черняк Ж. А. и др. Контрольные задания по общему курсу высшей математики //СПб.: Питер. – 2006.
7. Серебрякова, Н.Г. Интеграция содержания дисциплины естественнонаучного и общепрофессионального циклов учебного плана технического вуза / Н.Г. Серебрякова, Л.С. Шабека, Е.В. Галушко, // Профессиональное образование. – 2017. – № 2.

УДК 528.8.04

**Галушко Е.В., кандидат технических наук, доцент,
Серебрякова Н.Г., кандидат педагогических наук, доцент Рутковский И.Г., Рутковская Н.В.**
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Дистанционное зондирование – это наблюдение за поверхностью Земли при помощи авиационных или космических средств, которые оснащены съемочной аппаратурой. Своими истоками оно уходит к изобретению фотоаппарата, а затем и фототеодолитной съемки. Дистанционное зондирование используется в картографии, при разведке полезных ископаемых, для оценки развития территориальной инфраструктуры, в сельском хозяйстве, а так же для наблюдений за окружающей средой.

Системы дистанционного зондирования различают по спектральному диапазону электромагнитного излучения, по типу приёмника регистрируемого излучения, а также в зависимости от активного или пассивного метода зондирования. Например выделяются фотографические и фототелевизионные системы, сканирующие системы видимой и инфракрасной части спектра, радиолокационные системы бокового обзора и сканирующие сверхвысокочастотные радиометры. В дистанционном зондировании используются различные типы радаров, радиометров, высотомеров, акустических и радиолокационных датчиков, а так же датчиков видимого, инфракрасного, ультрафиолетового и гамма излучения.

Информация для дистанционного зондирования может получаться с космических аппаратов и авиационных средств, а также от различных объектов наземного или надводного базирования. Для целей сельскохозяйственного производства наибольший интерес представляет информация дистанционного зондирования из моноспектральных, мультиспектральных и гиперспектральных снимков.

Существующие методы для обработки снимков можно разделить на предварительную и тематическую обработку. При предварительной обработке устраняются искажения изображений. Искажения на снимках могут быть от несовершенства съёмочной аппаратуры, каналов связи и аналого-цифрового преобразования. Геометрические искажения обусловлены методами съёмки, условиями освещения и свойствами подстилающей поверхности. Из за влияния атмосферы и облачности необходимо учитывать поглощение части отраженных лучей и “окна прозрачности”, в которых пропускаются электромагнитные волны с наименьшей долей искажений. При тематической обработке из снимка извлекается информация необходимая для решения конкретной практической задачи. Тематическая обработка заключается в математическом преобразовании многомерных матриц цифровых снимков полученных при многозональной съемке.

Для оценки состояния растительности разработаны ряд вегетационных индексов: AFVI₁₆₀₀, DWSI5, EVI, NDNI, NDVI, OSAVI, TCARI, ARI, ChIRI, FRI, FRImod, R800, SIPI. Наиболее широко используется индекс NDVI. Максимум поглощения солнечного света хлорофиллом высших сосудистых растений находится в красной области спектра, а максимального отражения клеточных структур листа в инфракрасной области. Отношение разности и суммы этих двух наиболее стабильных участков спектральной характеристики растений используют при расчете NDVI. Однако NDVI позволяет оценивать только вегетирующую растительность. Он принимает максимальное значение весной, когда растительность увеличивается до 70% от наибольшего объема биомассы. Вместе с тем в конце мая наступает период колошения злаковых, а в первой половине лета – бутонизация многих трав. При этом продуктивность растительности наибольшая. Во многих случаях максимальная продуктивность растений сохраняется все лето. Поэтому максимум NDVI не соответствует наибольшей продуктивности растительности.

Территориально рассредоточенный характер производства предполагает высокую экономическую эффективность применения методов дистанционного зондирования в сельском хозяйстве. Математическая универсальность позволяет применять методы дистанционного зондирования для решения широкого круга задач. Решение различных задач методами дистанционного зондирования предполагает их трансдисциплинарность, поскольку дистанционное зондирование это инновационный инструмент, который используется на стыке различных научных дисциплин.

Одной из актуальных задач в сельскохозяйственном производстве является мониторинг кормовых запасов. Для решения этой задачи методами дистанционного зондирования существуют различные подходы [1]. Изобретения, относящиеся к дистанционному зондированию растительности, в международной патентной классификации принадлежат не только к разным подгруппам и группам, но и к различным классам и разделам.

Раздел А – Удовлетворение жизненных потребностей человека.

Раздел G – Физика.

A01G 7/00 – Сельское хозяйство, ботаника

G01C 11/00 – Измерение, топографическая съемка местности с помощью фотографирования.

G01C 11/04 – Измерение, расшифровка изображений.

G01V 9/00 – Геофизика, разведка.

G05B 13/04 – Управление или регулирование с использованием моделей или моделирующих устройств.

G06F 17/18 – Вычисление для обработки статистических данных.

A01G 7/00 N2379879 «Способ прогнозирования урожайности зерновых культур на основе данных космического мониторинга и моделирования биопродуктивности». В патенте при прогнозировании урожайности зерновых культур используются ежедневные метеорологические данные, информация по солнечной радиации и нормализованный вегетационный индекс. Определяют максимальную температуру почвы по суммарной коротковолновой солнечной радиации и влажности воздуха, а так же минимальную – по эффективному излучению атмосферы. Рассчитывается биомасса растений, их листовой индекс, высота и вес корня. С учетом этой информации осуществляют мониторинг зерновых культур, прогнозируется урожайность и сроки уборки.

G01C 11/00 N2012130304 «Способ и система для оценки роста растительности относительно интересующего объекта». В патенте оценка роста растительности проводится по нескольким наборам данных дистанционного зондирования, которые собираются приблизительно через один вегетационный период. По результатам моделирования определяются участки, которые нуждаются в выкашивании или обрезке, а так же в боковой подрезке или удалении деревьев.

G01C 11/04 N2428004 «Способ определения состава насаждений». В патенте для древесных пород получают спектральную характеристику по длинам волн с максимумом в зеленой полосе спектра и минимумом на границе красного и ближнего инфракрасного диапазона. При обработке снимков участков леса в видимом диапазоне и в интервалах, которые соответствуют наименьшему и наибольшему значению спектральной характеристики для каждой древесной породы получают массивы данных попиксельных отношений для спектральных каналов. На основании полученных массивов данных рассчитывается доля каждой породы в лесном насаждении.

G01V 9/00 N2424540 «Способ определения параметров состояния почвенно-растительного покрова по данным многоспектрального аэрокосмического зондирования». В патенте для данных аэрокосмического зондирования проводят географическую привязку. С учетом геометрических, радиометрических и атмосферных искажений рассчитывают спектральную интенсивность уходящего излучения. Для каждого элемента разрешения класса «растительность» определяют объем фитомассы и параметры состояния, которые характеризуют тепло-, влаго- и энергообмен между растительным покровом и атмосферой. На основании этих данных определяется биопродуктивность растительности.

G05B 13/04 N2010132731 «Способ инверсного моделирования для прогнозирования значений характеристик на основе мультиспектрального и гиперспектрального наборов данных, полученных с помощью дистанционного зондирования». В патенте прогнозирование значений характеристик растительности проводится на основе нескольких наборов спектроскопических данных различными математическими методами. Прогнозирование проводится для определения переувлажненности или недостатка влаги, засухоустойчивости, концентрации хлорофилла, интенсивности фотосинтеза, устойчивости к гербицидам, урожайности, использованию азота, устойчивости к болезням и т.д. Использование массивов данных позволяет применить метод для различных растений, различных условиях выращивания и различных условий окружающей среды.

G06F 17/18 N2015105923 «Способ формирования цифровой план-схемы объектов сельскохозяйственного назначения и система для его реализации». В патенте используют векторное представление данных и географическую привязку каждого объекта по данным дистанционного зондирования земли. Информация представлена в виде слоев, которые записаны в отдельные файлы, с отдельными характеристиками сельскохозяйственных земель, например с показателями по плодородию почвы или со сведениями о правах собственности на недвижимость и земельные участки. Система обработки информации включает подсистему хранения знаний, подсистему ассоциативного поиска, модуль задач, модуль поддержки при принятии решений, который выполнен с возможностью анализа и распознавания изображений.

Для решения задачи мониторинга кормовых запасов в сельскохозяйственном производстве необходимо систематизировать достаточно широкий круг вопросов на стыке различных научных направлений. Несмотря на широкий охват [2], существующие методики диагностики вегетации растительности носят преимущественно качественный характер и лишь частично могут быть адаптированы для количественной оценки кормовых запасов.

Список использованной литературы

1. Кочубей, С.М. Спектральные свойства растений как основа методов дистанционной диагностики / С. М. Кочубей, Т. М. Шадчина, Н. И. Кобец // АН УССР, Ин-т физиологии растений и генетики. – Киев : Наук. думка, 1990. – 134с
2. Пат. WO2010132731 A1, МПК G05B 13/04. Способ инверсного моделирования для прогнозирования значений характеристик на основе мультиспектрального и гиперспектрального наборов данных, полученных с помощью дистанционного зондирования / Jonathan E. Lightner, Steven L. Wright, Federico Valverde; (US) – № PCT/US2010/034833; Заявл. 14.05.2010; Опубли. 18.11.2010. – 6 с.
3. Основы информационных технологий Н.Г. Серебрякова, О.Л. Сапун, Р.И. Фурунжиев – Минск: БГАТУ, 2014. – 250 с.
4. Серебрякова, Н.Г., Быков, В.Л. Информатика: учебное пособие. / Н.Г. Серебрякова, В.Л. Быков. – Минск: БГАТУ, 2013. – 652 с.
5. Координатное земледелие – инновационный контент электронного учебно-методического комплекса «Информационные технологии» / Галушко Е.В., А.М. Карпович, Львова О.М., Серебрякова Н.Г., Шакирин А.И. // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Междунар. науч.– практ. конф., Минск, 8–9 июня 2016 г. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ, НАН Беларуси, Белорус. гос. аграрный техн. ун-т, Белорус. Респ. фонд фонд. исслед. ; редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск, 2016. – С. 538–542.
6. Серебрякова, Н.Г. Применение технологии поддержки принятия решений в программе балансирования рационов /Е.В. Галушко, Н.Г. Серебрякова, А.Г. Сеньков, А.М. Карпович, К.М. Шестаков //Агропанорама.– – 2015. – № 5. – С. 6–12.
7. Серебрякова, Н.Г. Применение технологии поддержки принятия решений в программе балансирования рационов /Е.В. Галушко, Н.Г. Серебрякова, А.Г. Сеньков, А.М. Карпович, К.М. Шестаков //Агропанорама.– – 2015. – № 5. – С. 6–12.