СОЗДАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПИТАТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ ПАСТБИЩ*

Михаил Николаев,
Кандидат географических наук

Николай Николаев,
Старший научный сотрудник Лаборатории географических информационных систем Центра технологий Академии наук Туркменистана

Аннотация

Биомасса пастбищ – важный параметр изучения их продуктивности. В ходе данного исследования была подготовлена методика по расчету питательной биомассы пастбищ с помощью ГИС и дистанционного зондирования. Методика позволяет анализировать пространственно-временное варьирование биомассы пастбищ. В работе была проведена оценка окрестностей города Туркменбаши в 2019 и 2020 гг. Результаты показали, что данные дистанционного зондирования и ГИС-технологии могут быть полезными для оценки биомассы пастбищ и прогноза их урожайности для устойчивого управления пастбищами.

Ключевые слова: пастбища, биомасса, дистанционное зондирование земли, вегетационный индекс, NDVI (нормализованный дифференцированный индекс растительности), биомасса пустынных пастбищ.

Введение

Важнейшей задачей Продовольственной безопасности страны является всемерное развитие животноводства как одной из двух основных отраслей сельского хозяйства и насыщение внутреннего рынка страны продуктами питания и сопутствующей продукцией. В условиях Туркменистана развитие животноводства и особенно овцеводства базируется в основном на рациональном использовании природных кормовых пустыни Каракумы, общая площадь которых составляет более 38 млн. га.

Пустынная пастбищная растительность отличается невысокими запасами корма, ее развитие находится в большой зависимости от метеорологических условий года, а расход съедаемого корма скотом сильно меняется в разные сезоны.

В условиях научно-технического прогресса все возрастающее влияние антропогенного и техногенного факторов часто приводит к нарушению равновесия хрупкой пустынной экологической системы. Это неизбежно влечет за собой усиление процессов опустынивания.

Устранение этих негативных явлений может быть осуществлено путем создания специальной системы постоянного учета и контроля за состоянием продуктивности пастбищной растительности на всей огромной пустынной территории.

Применение данных дистанционного зондирования земли в сочетании с наземным полевым контролем за состоянием продуктивности природных кормовых ресурсов позволит иметь информацию, необходимую для осуществления рационального их использования и проведения природоохранных мероприятий.

* Николаев М. e-mail: mnico62@mail.ru
Николаев Н. e-mail: nnico@mail.ru

Дистанционное зондирование земли

Дистанционное зондирование – получение информации об объектах или явлениях без контакта с ними. Это делается с помощью зондирования и записи отраженной и излученной энергии.

Разностороннее изучение материалов дистанционного зондирования при различном характере исследования земельных ресурсов в пустынной зоне связано с необходимостью обязательного учета природных условий конкретного обследуемого района. По этому поводу подчеркивается, что анализ этих условий имеет первостепенное значение при дешифрировании данных дистанционного зондирования (Б.В. Виноградов, 1966).

Электромагнитный спектр

Дистанционное зондирование получается из измерений электромагнитного излучения авиационным или спутниковым оборудованием (Рис 1).

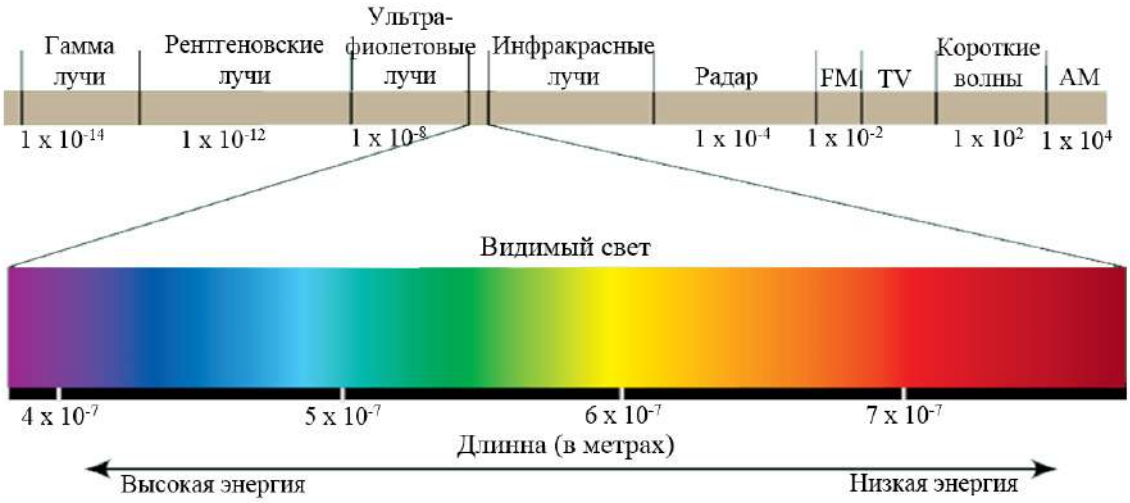

Рис. 1. Электромагнитный спектр

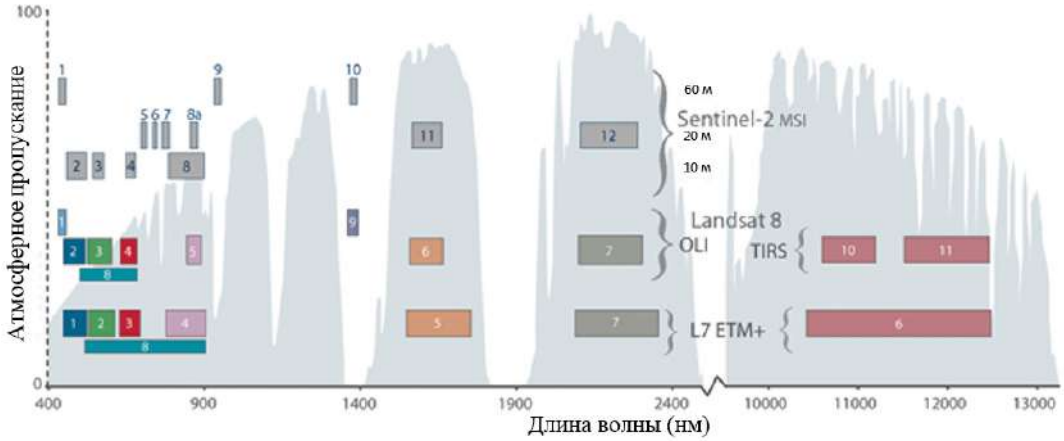

Рис. 2. Сравнение характеристик спутников Sentinel 2 и Landsat 7, 8*

Многозональные космические снимки позволяют идентифицировать объекты с уникальными спектральными характеристиками, поэтому их использование более предпочтительно. То есть особые свойства разных классов природных объектов отчетливо

* https://landsat.gsfc.nasa.gov

проявляются в разных частях электромагнитного спектра. Для тематических исследований целесообразно брать диапазон, который делает объект исследования более конкретным. Различные комбинации зон, представляющих характеристики объекта, используются для визуализации многозонного пространственного изображения. На Рис. 2 показано сравнение характеристик спутников Sentinel 2 и Landsat 7.8.

Вегетационный индекс NDVI

Одним из самых частых применений дистанционного зондирования является оценка растительности и мониторинг с применением вегетационных индексов (A. Bannari, D. Morin and F. Bonn, 1995; G. Metternicht, 2003; G.Pickup, V.H. Chewing and D.J. Nelson, 1993; J.W. Rouse, R.H. Haas, J.A. Schell and D.W. Deering, 1973).

Также, наземные исследования предоставляют детальную информацию об отдельных участках с редкой периодичностью мониторинга, они представляют очень ограниченный участок пастбищной территории, обладающей большой протяжённостью. Более того, такая оценка занимает много времени и материальных затрат.

Вегетационные индексы включают в себя комбинацию измерений отражения в различных частях электромагнитного спектра для представления информации о растительном покрове на поверхности. Здоровая зелёная растительность обладает характерным отражением в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра. В видимом и особенно красном диапазоне длин вол пигменты растений сильно поглощают энергию для фотосинтеза, в то время, как в ближнем инфракрасном диапазоне энергия сильно отражается внутренней структурой листа. Этот сильный контраст между отражением в красном и ближнем инфракрасном диапазонных длин волн создало основу для многих вегетационных индексов. Применительно к изображениям мультиспектрального дистанционного зондирования, эти индексы включают числовые комбинации каналов сенсора. Они содержат информацию об отражении поверхности в различных длинах волн.

Наиболее известным из вегетационных индексов является нормализованный вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Этот индекс используется для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова, кроме случаев с разряженной растительностью. Впервые был описан Rouse et al. (J. W. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell and D. W. Deering, 1973), концепция впервые представлена Kriegler et al. (F.J. Kriegler, W.A. Malila, R. F. Nalepka and W. Richardson, 1969). Физиологическое состояние растительного покрова в значительной степени определяется содержанием хлорофилла и уровнем влагоообеспеченности. В этой связи целесообразно использовать относительные показатели состояния растительности, в том числе лесов, получаемые на основе спектральных индексов, тесно коррелирующих с уровнем обеспеченности растений хлорофиллом и влагой. NDVI является показателем количества фотосинтетически активной биомассы и вычисляется по формуле:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)};$$

где RED и NIR – спектральные яркости в красном и ближнем инфракрасном диапазонах соответственно.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом. В инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. Высокая фотосинтетическая

активность, связанная, как правило, с густой растительностью, ведет к меньшему отражению в красной области спектра и к большему в инфракрасной (Рис 3). Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные объекты от прочих объектов окружающей среды. Использование нормализованной разности между минимумом и максимумом отражении позволяет уменьшить влияние таких явлений, как различия в освещении снимка, дымки, поглощения радиации атмосферой и пр.

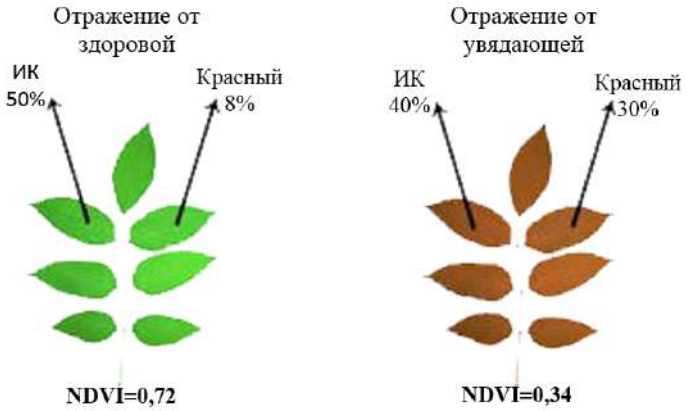

Рис. 3. Разница между показателями NDVIздорового и увядающего растения

Для отображения индекса NDVI используется непрерывная градиентная или дискретная шкала, показывающая значения в диапазоне от -1 до 1, или гак называемая масштабированная шкала в диапазоне от 0 до 255 (соответствует количеству градаций серою цвета) (Рис 4).

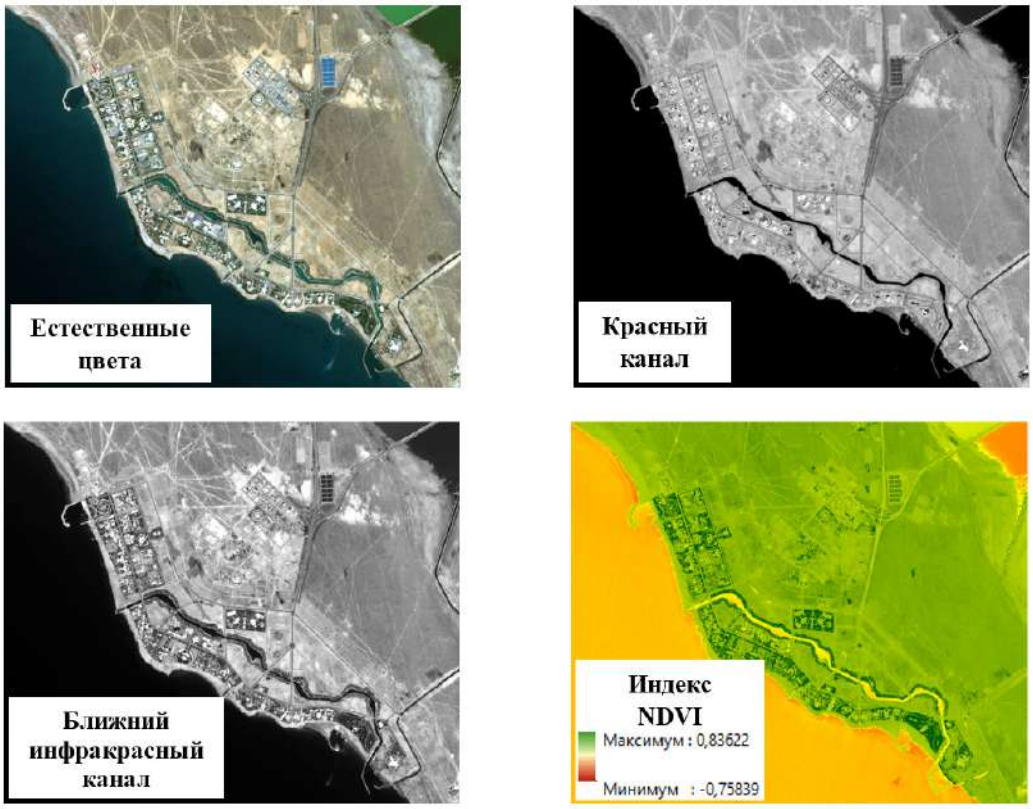

Рис. 4. Пример NDVI, рассчитанного по спутниковым данным Sentinel 2.

Природные объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI, что позволяет использовать этот параметр для их идентификации. NDVI для водных объектов принимает отрицательные значения (при расчете в интервале от -1 до 1), для почв, грунтов и сухой растительности положителен и близок к 0. Максимальные значения принимает для вегетирующей растительности и промежуточные для разных состоянии растительного покрова. Его значения возрастают с развитием зеленой биомассы и уменьшаются с ее усыханием. Расчет NDVI чаще всего употребляется на основе серии разновременных снимков с заданным временным разрешением. Это позволяет получать динамическую картину процессов изменения границ и характеристик различных типов растительности (месячные, сезонные, годовые вариации). Индекс NDVI широко используется в сельском хозяйстве при наблюдениях за развитием сельскохозяйственных посевов в течение одного вегетационного периода.

Главным преимуществом NDVI являемся легкость вычисления, т. к. не требуется никаких дополнительных данных, кроме собственно данных ДЗЗ и знания параметров съемки. NDVI широко применяется для картографирования растительного покрова, мониторинга засухи, оценки продуктивности экосистем и сельскохозяйственных территорий, расчета влагосодержания почв, контроля фаз вегетации и т. д. Существует устойчивая корреляция между показателем NDVI и продуктивностью различны типов экосистем.

На значения NDVI влияют много факторов, среди них фотосинтетическая активность, общий растительный покров, биомасса, влажность растения и почвы. Поэтому, NDVI коррелирует со многими атрибутами экосистем (например, чистая первичная продуктивность, лиственный покров, почвенный покров).

Создание методики подготовки цифровых карт питательной биомассы пастбищ

При составлении электронных цифровых карт урожайности пастбищных угодий необходимо учитывать их общую урожайность и величину поедаемого запаса. Общая урожайность пастбищ представляет собой количество общей кормовой массы пастбищной растительности в пересчете на воздушно-сухое состояние независимо от степени ее поедания животными. Под потребляемым запасом понимают лишь определенную часть от общей урожайности пастбищ, практически съедаемую тем или другим видом животных в соответствующий сезон использования.

В условиях пустынной зоны при осуществлении круглогодичного содержания скота на пастбищах большое значение имеет динамика общего и поедаемого запаса корма по сезонам года. В Туркменистане был разработан метод однократного определения запаса корма на пастбищах с последующими расчетами сезонной динамики в камеральных условиях (В.Н. Николаев, 1975). Для этой цели используют специальные таблицы и графики сезонного накопления кормовой массы различными видами пустынных пастбищных растений.

Однако, несмотря на определенные успехи, достигнутые в этом направлении, методика определения запасов кормов на пустынных пастбищах все еще остается весьма трудоемкой. При разработке нашей методологии определения питательности пустынных пастбищах элементы новых методических разработок, где это было возможно благодаря широкому применению географических информационных систем и данных дистанционного зондирования.

Существенная зависимость между урожайностью пастбищ и метеорологическими условиями года чрезвычайно сложна вследствии того, что на пастбищах встречаются многочисленные виды растений, относящиеся к различным жизненным формам и по-разному реагирующими на условия погоды. Например, урожай кустарниковых кормов более постоянен, в то время как урожай весенних однолетников в различные годы может изменяться в два и

более раз. На основании многолетних наблюдений установлено, что хорошее развитие летних однолетников бывает лишь с обильными зимне-весенними осадками.

В исследовании использовались сцена спутниковые изображения Sentinel 2 за 28.04.2019г. и 17.04.2020г. Изображение получено в апреле месяце, при поиске было задано условие покрытия облаками менее 10% сцены. Характеристики изображений представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Характеристики изображения Sentinel 2

Номер канала	Название канала	Центральная длина волны канала (нм)	Пространственное разрешение (м)
1	Прибрежный аэрозоль	443	60
2	Синий	490	10
3	Зеленый	560	10
4	Красный	665	10
5	Красная границы растительности	705	20
6	Красная границы растительности	740	20
7	Красная границы растительности	783	20
8	БИК	842	10
8а	Красная границы растительности	865	20
9	Водяной пар	945	60
10	КВИК – перистые облака	1380	60
11	КВИК	1610	20
12	КВИК	2190	20

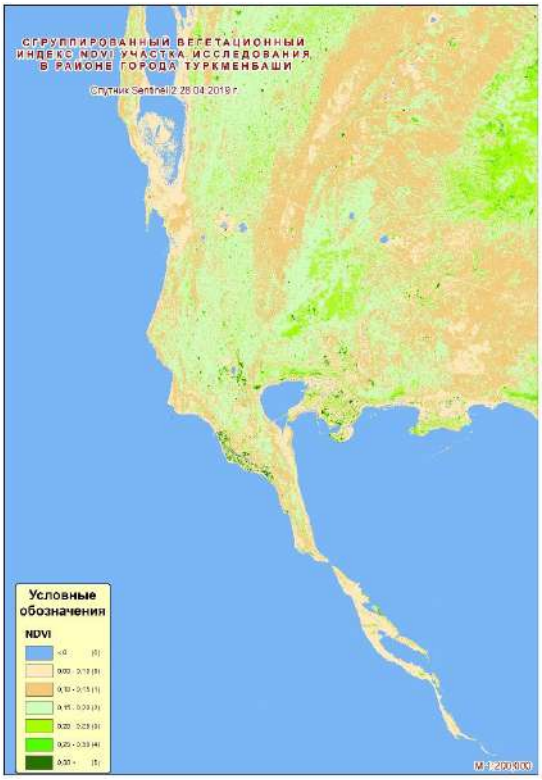

Рис. 5. Индекс NDVI, составленный в окрестностях города Туркменбаши по спутниковым данным Sentinel 2

После предварительной подготовки, программное обеспечение ArcGIS 10.3 использовалось для расчета вегетационного индекса NDVI по спутниковым снимкам. Функция подсчета вегетационного индекса NDVI встроена в ArcGIS 10.3 в окне Image Analysis, необходимо задать в настройках номера ближнего инфракрасного и красного каналов (для Sentinel 2 каналы 8 и 4 соответственно). Рассчитанный индекс NDVI показан на Рис. 5.

Составление итоговой электронной цифровой карты пастбищных угодий 2019 и 2020 гг. связано с сопоставлением полевых материалов и данных вегетационного индекса NDVI. Результаты расчетов активной биомассы на основе классификатора NDVI (Таблица 2) представлены за 2019 и 2020 годы (3 и 4 таблицах).

Таблица 2

Классификация вегетационного индекса NDVI

Значения NDVI	Активная биомасса (ц/га)	Цвет
< 0	0	
0,00 – 0,10	0	
0,10 – 0,15	1	
0,15 – 0,20	2	
0,20 – 0,25	3	
0,25 – 0,30	4	
0,30 <	5	

Таблица 3

Расчет активной биомассы за 2019 г

Группа	Количество пикселей	Площадь (га)	Урожайность (ц/га)	Запас кормов (ц)	Количество голов скота (кол-во)	Гектар на одну голову скота
0	26947801	269478				
1	2408797	24088				
2	6394380	63944	1	63944	6731	9,5
3	7282348	72823	2	145647	15331	4,8
4	1379850	13799	3	41396	4357	3,2
5	178970	1790	4	7159	754	2,4
6	93510	935	5			
		446857			27173	

Таблица 4

Расчет активной биомассы за 2020 г

Группа	Количество пикселей	Площадь (га)	Урожайность (ц/га)	Запас кормов (ц)	Количество голов скота (кол-во)	Гектар на одну голову скота
0	27010124	270101				
1	11333618	113336				
2	6076466	60765	1	60765	6396	9,5
3	213943	2139	2	4279	450	4,8
4	24791	248	3	744	78	3,2
5	10784	108	4	431	45	2,4
6	15930	159	5			
		446857			6970	

РЕЗУЛЬТАТ

В этой работе результаты вегетационного индекса NDVI за 2019 и 2020 годы сгруппированы для расчета активной биомассы пастбищ на основе мультиспектральных изображений со спутника Sentinel 2. По результатам расчетов активная биомасса позволила содержать в 2019 г. 27000 голов мелкого рогатого скота, а в 2020 г. активная биомасса позволяет содержать только 6000 голов мелкого рогатого скота, соответственно, в мае каждого года можно оценить поголовье выпасаемых овец на изучаемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов Б.В. Аэрометоды изучения растительности аридных зон. – М.-Л.: Наука, 1966. – 631 с.
2. Николаев В.Н. Методика геоботанического обследования пустынных пастбищ при комплексном землеустройстве. – Ашхабад: МСХ ТССР, 1975. – 183 с.
3. Bannari A., Morin D. and Bonn F. A review of vegetation indices. Remote Sensing Review 1995, 13, p. 95-120.
4. Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F., and Richardson, W. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition, in _Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan, Ann Arbor, MI, 1969, p.97-131.
5. Metternicht G. Vegetation indices deriver from high-resolution airborne videography for precision crop management. International Journal of Remote Sensing 24, 2003, p. 2855-2877.
6. Pickup G., Chewing V.H. and Nelson D.J. Estimating changes in vegetation cover over time in arid rangelands using Landsat MSS data. Remote Sensing of Environment, 1993, 43, p. 243-263.
7. Purevdorgy T., Tateishi R., Ishigama T. and Honda Y. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19 (18), p. 3519-3535.
8. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., and Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351, 1973, vol. 1, p.309-317.
9. https://landsat.gsfc.nasa.gov/