

ГЕОГРАФИЯ ИЛИМДЕРИ
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ
GEOGRAPHICAL SCIENCES

Саргазаков А.А., Урмамбетова Т.К., Токтомамбетов И.К.

**ШААР КУРУУ МАСЕЛЕЛЕРИН ИЗИЛДӨӨДӨ
ЖАНДООЧ АРКЫЛУУ АЛЫНГАН СҮРӨТТӨРДҮ ПАЙДАЛАНУУ
МЕНЕН ЖЕР БЕТИНИН ТЕМПЕРАТУРАСЫН АНЫКТОО**

Саргазаков А.А., Урмамбетова Т.К., Токтомамбетов И.К.

**ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ
ЗЕМЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОСМОСНИМКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ВОПРОСОВ ГОРОДСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

A.A. Sargazakov, T.K. Urmambetova, I.K. Toktomambetov

**IDENTIFICATION OF LAND SURFACE
TEMPERATURE WITH APPLICATION OF SATELLITE
IMAGES TO STUDY URBAN PLANNING ISSUES**

УДК: 528.854.2

Жер бетинин температурасы айлана чөйрөнүн негизги көрсөткүчү болуп саналат, ал талаа иштеринин негизинде жана аралыктан байкаштыруу ыкмалары менен аныкталына алат. Жылуулук инфракызыл съемкасынын материалдары гидрология, метеорология жана климатология маселелерин изилдөөдө колдонулат. Бул иште Бишкек шаарынын жер үстүнүн температурасы 1994 жана 2017-жылдары үчүн Landsat спутниги аркылуу алынган сүрөттөрүн Quantum GIS, ENVI программаларын колдонуу менен аныкталды. Алдын ала иштелип чыккан сүрөттөр көзөмөлдөнгөн классификация методун колдонуу менен классификацияланды. Төмөнкү жер пайдалануу кластары тандалып алынган: суу объектилери, өсүмдүктөр, бош жер тилкелери, курулуштар. Вегетациялык индекси жана объекттердин жылуулугун эсептөө үчүн Landsat спутниктеринин кызыл жана жакынкы инфракызыл каналдары колдонулду.

***Негизги сөздөр:** аралыктан байкаштыруу, Landsat сүрөттөрү, атмосфералык түзөө, өсүмдүктөр индекси, жердин температурасы, көзөмөлдөнгөн классификация.*

Температура поверхности земли является ключевым показателем окружающей природной среды, она может быть измерена наземными методами или с применением спутниковых снимков. Материалы тепловых инфракрасных съемок из космоса широко применяется при изучении вопросов в гидрологии, метеорологии и климатологии. В данной работе рассматривается применение снимков

спутника Landsat за 1994 и 2017 годов для изучения температуры поверхности земли города Бишкек с применением программных пакетов, таких как Quantum GIS, ENVI. Предварительно обработанные снимки с использованием метода контролируемой классификации были классифицированы. Были выбраны следующие классы землепользования: водные объекты, растительный покров, открытая почва, застройки. Для расчета нормализованного дифференциального вегетационного индекса и излучательной способности объектов были использованы красная и ближняя инфракрасная каналы спутниковых снимков серии Landsat.

***Ключевые слова:** дистанционное зондирование, космоснимки Landsat, атмосферическая коррекция, вегетационный индекс, температура земли, управляемая классификация.*

Earth surface temperature is a key indicator of the environment and can be measured by ground-based methods or using satellite imagery. Thermal infrared imagery from space is widely used in the study of hydrology, meteorology and climatology. This paper considers the application of Landsat satellite images for 1994 and 2017 to study the surface temperature of Bishkek with application of software packages such as Quantum GIS and ENVI. Preprocessed images were classified using the supervised classification method. The following land use/land cover classes were selected: water bodies, vegetation cover, open soil, buildings. Red and near infrared channels of Landsat satellite images were used to calculate the

normalized difference vegetation index and emissivity of objects.

Key words: *remote sensing, Landsat satellite images, atmospheric correction, vegetation index (NDVI), land surface temperature, supervised classification.*

Введение.

Космические средства ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли) в настоящее время получили широкое применение во всем мире, выросло разнообразие создаваемых типов космических аппаратов ДЗЗ и общее их количество. Получаемая ими космическая информация используется для решения многих социальных, хозяйственных и научных задач.

В современных условиях быстрыми темпами увеличивается население Земли, осваиваются новые территории, возникают и укрупняются поселения, создаются новые инженерные сооружения и объекты социального назначения, преобразуется сложившаяся застройка, строятся дороги, изменяются береговые линии водоемов, интенсивно разрабатываются полезные ископаемые, вырубается леса, возникают стихийные свалки.

Традиционные картографические документы быстро устаревают и редко обновляются. Ведущиеся в соответствующих органах архитектуры дежурные планы поселений, аналогичные планы других служб не дают общей картины происходящих в поселении и на межселенных территориях изменений.

Данные ДЗЗ позволяют получать цифровые изображения участков земной поверхности с высоким пространственным разрешением и в широком диапазоне спектра электромагнитных волн [1].

С 1972 года совместная серия спутников наблюдения Земли Landsat Геологической службы НАСА/США обеспечила непрерывную запись космических данных о земной поверхности, чтобы помочь продвинуть научные исследования к пониманию нашей планеты и воздействия на окружающую среду ее жителей. Ранние спутники Landsat предоставили множество новых данных, которые улучшили картографирование удаленных районов и геологических особенностей наряду с цифровым анализом растительности. Полезность пространственного и спектрального разрешения Landsat расширила его использование для приложений, которые приносят пользу обществу, таких как глобальное прогнозирование урожая, мониторинг лесов, водопользование, оценки углерода и база для карт Google. Долгосрочные данные Landsat обеспечивают непревзойденный ресурс для

наблюдения за почвенным покровом и изменениями в землепользовании на протяжении десятилетий. Свободная и открытая политика в области данных Landsat в 2008 году стала для мира парадигмальным сдвигом. Сегодня, благодаря улучшенным аналитическим и вычислительным возможностям, архив Landsat готов перейти к более реальному мониторингу и пониманию Земли [2].

Дистанционное зондирование идеально подходит для мониторинга и обнаружения изменений почвенно-растительного покрова, которые часто происходят в городских и пригородных районах в результате непрекращающейся урбанизации. Это длительный процесс преобразования спутниковых изображений в карты почвенно-растительного покрова с использованием существующих методов ручной интерпретации и параметрической классификации изображений в цифровом виде [3].

Областью исследования является столица Кыргызской Республики – город Бишкек. Численность населения насчитывает более 1 млн., плотность – 6420 чел./км². Развитие города с 1878 года показывает, что прямоугольная сетка улиц, намеченная первым регулярным планом, получила преемственное развитие на протяжении всего XX и начала XXI века, определила масштаб застройки – сначала одна-двухэтажными, затем трех-, четырех-, пятиэтажными, и наконец, девяти-двенадцатиэтажными домами [4]. Но на данный момент, в Бишкеке отсутствует стабильность городского планирования т.е. увеличивается самовольное строительство, идущее в ущерб эстетическому виду нашего города.

Методология и методы.

Методология дана на схеме 1. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный разностный индекс растительности (обычно называемый вегетационным индексом) использующий количественные оценки растительного покрова. Индекс вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где NIR – коэффициент отражения в ближней инфракрасной спектральной зоне, RED – коэффициент отражения в красной спектральной зоне [5].

Вычислив данный индекс до атмосферной коррекции (АК) за 1994 и 2017 года, мы получили следующие значения NDVI:

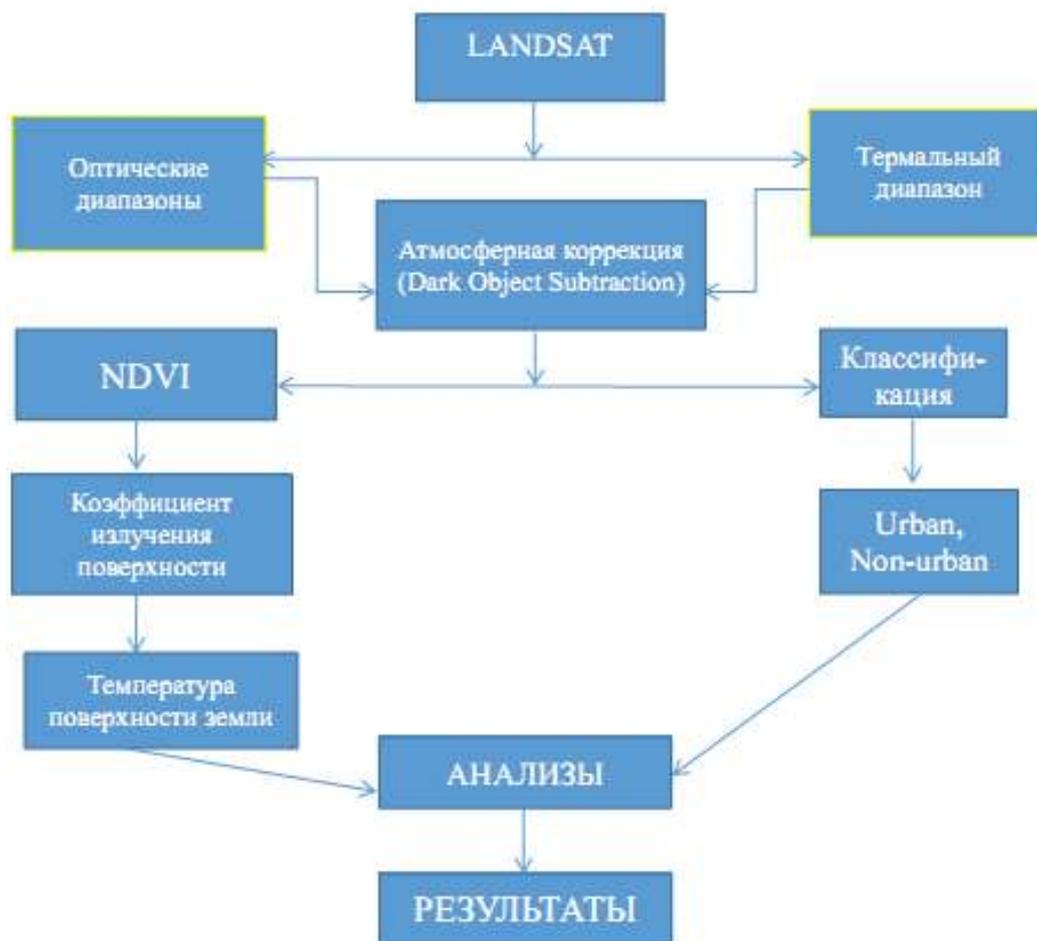


Схема 1. Методологическая схема.

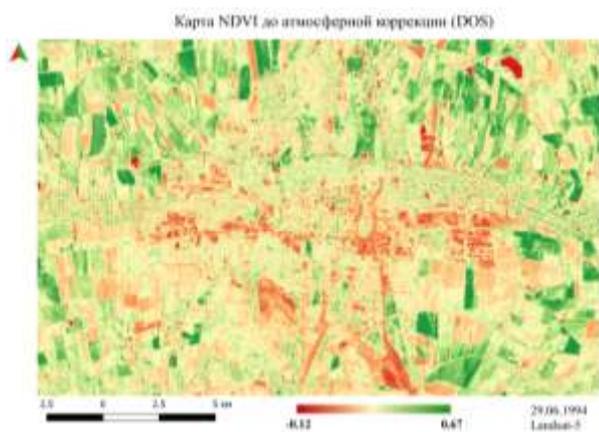


Рис. 1. Карта NDVI за 29.06.94 до АК.

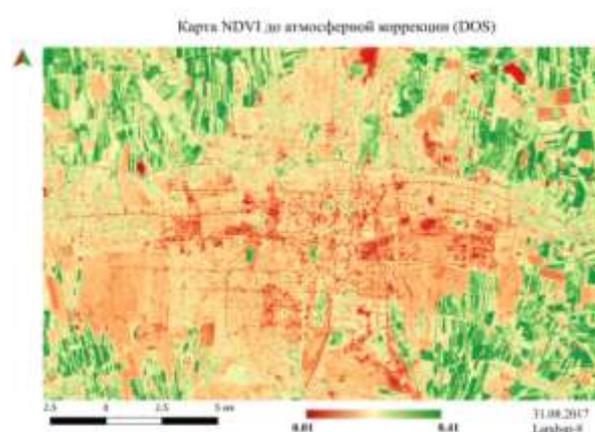


Рис. 2. Карта NDVI за 31.08.17 до АК.

За 1994 min 0.01, max 0.41, а за 2017 min 0.07 и max 0.7.

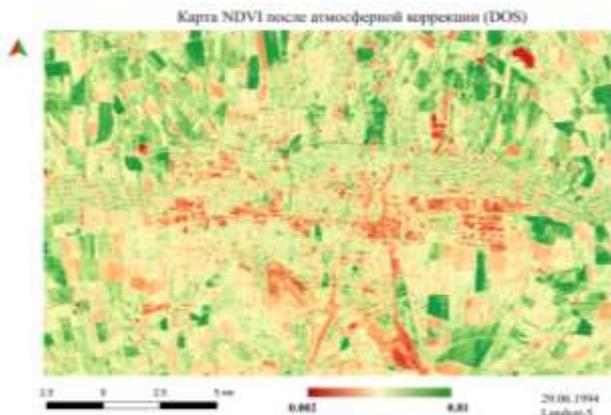


Рис. 3. Карта NDVI за 29.06.94 после АК

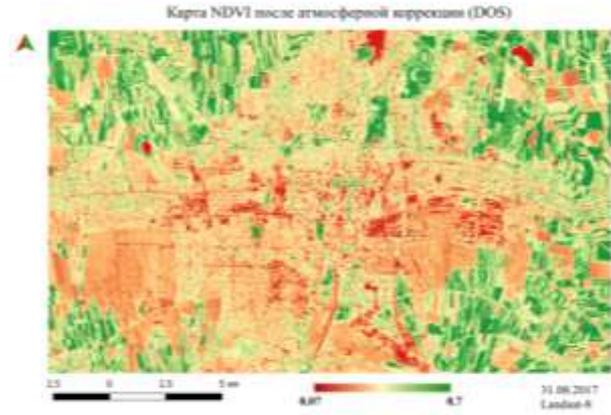


Рис. 4. Карта NDVI за 31.08.17 после АК

За 1994 min -0.12, max 0.67, а за 2017 min 0.002 и max 0.81.

Отсюда следует вывод, что на протяжении 23 лет растительный покров уменьшался в связи с ярко-выраженным увеличением застроек и бетонированием поверхности в центре и окраинах города Бишкек, а атмосферная коррекция влияет на значения вычислений.

Хорошо озелененным считают город, в котором на одного жителя приходится 20-30 м² и более зеленых насаждений общего пользования в расчете на одного человека в соответствии со СНиП 2.07.01-89, для крупнейших городов (с населением больше 1 млн чел.) должна составлять не менее 16 м²/чел. [6]. В Бишкеке на каждого жителя приходится 11 м² зеленых насаждений, при этом численность населения чуть больше 1 млн, далее следует вывод, что на дан-

ный момент, при строительстве вырубается здоровые деревья. Очень важным параметром, учитываемым при дистанционном изучении поверхности, является излучательная способность объектов (ИСО). Горные породы, почвы, растения, воды и т.д. – обладают некоторыми свойствами, которые определяют различную интенсивность излучения разных объектов при одинаковой температуре.

Для сравнения была проведена обработка по упрощенному алгоритму на основе уравнения радиационного переноса с определенным коэффициентом теплового излучения по известной регрессионной зависимости вида справедливой в диапазоне значений NDVI от -0.12 до 0.67 и от 0.002 до 0.8: $\epsilon(\lambda) = 1.0098 + 0.047 * \ln(\text{NDVI})$ [7].

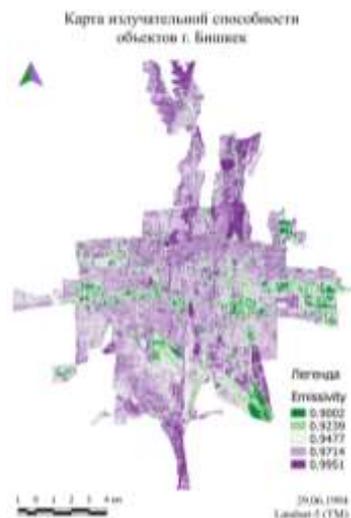


Рис. 5. Карта ИСО за 29.06.94

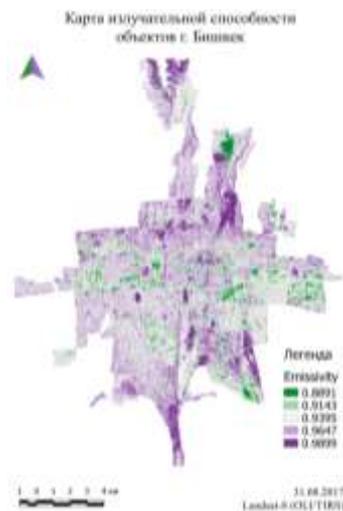


Рис. 6. Карта ИСО за 31.08.17

Следует отметить, что значения в пределах единицы, потому что только у абсолютно черного тела поглощательная способность равна 1, т.е. оно поглощает все падающее на него электромагнитное излучение во всех диапазонах. АЧТ в природе не существует. Ниже приведена таблица для определения объекта, но не стоит забывать, что разрешение космоснимка 30x30 м и полученные значения приблизительные.

Таблица 1

Излучательная способность объектов

Материал	Излучательная способность
Вода	0,92-0,98
Бетон	0,71-0,90
Асфальт	0,95
Суглинистая почва, сухая	0,92
Суглинистая почва, влажная	0,95
Растительность, сомкнутый покров	0,98
Растительность, разреженный покров	0,96
Трава	0,97
Отполированные металлы	0,07-0,20
Снег	0,83-0,85
Краска	0,90-0,96
Кожа человека	0,98
Абсолютно чёрное тело	1,0

Температура поверхности земли

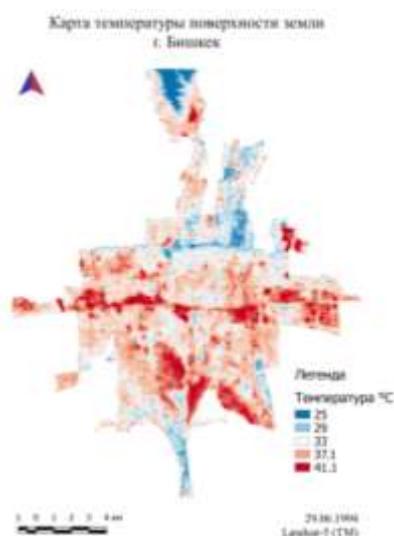


Рис. 7. Карта LST за 29.06.94.

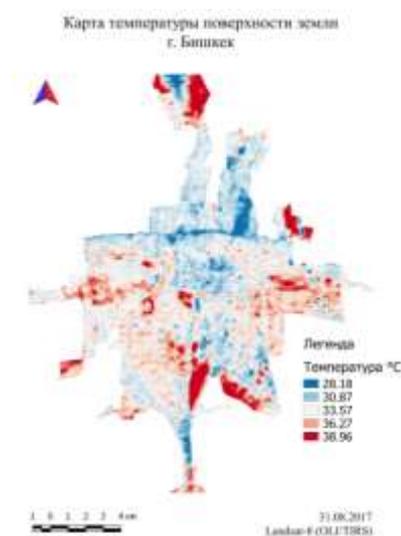


Рис. 8. Карта LST за 31.08.17.

При измерении температуры поверхности земли (англ. LST-Land Surface Temperature) влияют такие факторы как: пространственное разрешение, ландшафтные характеристики, физиография, излучательная способность, атмосферные эффекты и помехи от сенсора до объекта [8]. И для того, чтобы сопоставить полученные результаты, был отправлен запрос в Кыргыз Гидро Мет Центр, с просьбой предоставить информацию о температуре поверхности почвы.

Отсутствие растительного покрова является главной причиной повышения температуры земли в

черте города относительно его окружающей местности [9]. Такой эффект носит название «городской остров тепла» (Urban Heat Island). Мы как авторы предполагаем, что через несколько лет в городе Бишкек данная проблема заявит о себе.

Классификация.

Для того, чтобы определить насколько урбанизирована исследуемая территория, была выполнена управляемая классификация (Land Use Land Cover – LULC) алгоритмом «Minimum Distance».

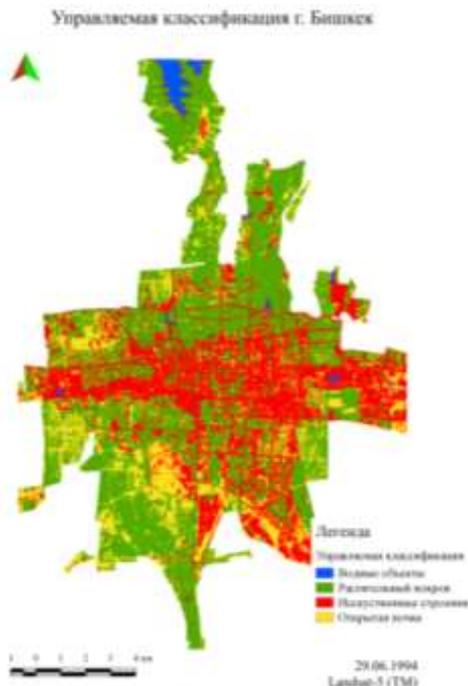


Рис. 9. Карта LULC за 29.06.94.

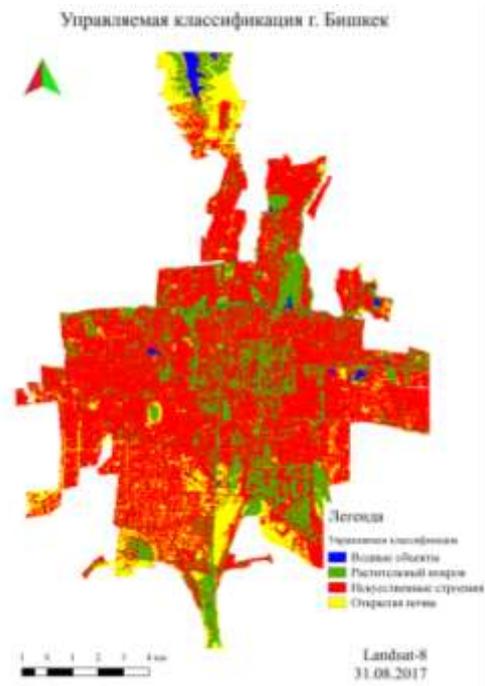


Рис. 10. Карта LULC за 31.08.17.

Данная классификация была акцентирована на визуальный анализ занимаемой площади растительного покрова, водных и антропогенных объектов. Наглядно показывается степень урбанизации города Бишкек за 23 летний период.

Выводы:

- после применения атмосферной коррекции, значения NDVI улучшились;
- для качественного отображения поверхности требуются космоснимки сверхвысокого разрешения;
- значения NDVI и коэффициент излучения поверхности напрямую влияют на значения температуры поверхности земли;
- основная локализация тепловых аномалий

приходится на центр города, где идет бурное многоэтажное строительство и бетонирование поверхности, которые создают городской остров тепла;

– анализ и мониторинг температуры поверхности земли очень полезны для городского планирования и улучшения городского ландшафта.

Заключение.

Обнаружение изменения состояния поверхности земли необходимо для обновления карт растительного покрова и рационализации использования природных ресурсов. Таким образом, использование данных дистанционного зондирования в муниципальном управлении является эффективным методом по решению вопросов городского планирования, а

также для исследования «тепловых островов городов», которое в последнее время получает широкое распространение при изучении городских территорий по материалам дистанционного зондирования на инфракрасном диапазоне.

Литература:

1. Торсунова О.Ф. «Использование данных космической съемки сверхвысокого разрешения для решения задач территориального зонирования». - С.219-220.
2. «Landsat: The cornerstone of global land imaging» GIM International 2019 issues 1 vol.33. p. 10-15.
3. Zha, Y., J. Gao, and S. Ni. "Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery." International Journal of Remote Sensing 24, no. 3 (2003): 583-594.
4. Осмонбетов К.О., Ырсалиева А.Ж. Экология Бишкека // Молодой ученый. - 2016. - №6. - С. 335.
5. Черепанов А.С. Дружинина Е.Г. «Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы» Обработка данных ДЗЗ – ГЕОМАТИКА №3, 2009. - С. 32.
6. Муллаярова П.И. «О модернизации существующей методики инвентаризации зеленых насаждений с учетом современных достижений аэрокосмических исследований и гис-технологий». Вестник СГУГиТ. - Том 23. - №1. - 2018. - С.134.
7. Станкевич С.А. Интеркалибрация методов восстановления термодинамической температуры поверхности урбанизированной территории по материалам тепловой космической съемки. / Украинский журнал дистанционного зондирования земли, №7. 2015. - С.16.
8. Qihao Wenga, Dengsheng Lub, Jacquelyn Schubringa «Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies» Remote Sensing of Environment 89 (2004) p. 481.
9. Урмамбетова Т.К. Бектуров А.К. «Land use / land cover change analysis of Bishkek and its impact» (Анализ изменения землепользования и почвенного покрова города Бишкек и ее влияние). / Вестник 4(46). - Т.2. КГУСТА. - Бишкек, 2014. - С. 41.
10. Urmambetova T. Characterization of surface heat fluxes over heterogeneous areas using Landsat 8 data for urban planning studies. Journal of settlements and spatial planning. Vol. 8, No. 1/2017, P. 49-58, DOI:10.24193/JSSP. 2017.1.04.