

ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ВДОЛЬ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Рыжов Ярослав Андреевич

аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: irosmagelav@mail.ru

EFFECTIVE MANAGEMENT OF VEGETATION ALONG POWER LINES USING REMOTE SENSING TECHNOLOGIES

Ryzhov Yaroslav Andreevich

Post-graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: irosmagelav@mail.ru

Аннотация. Управление растительностью вблизи линий электропередачи имеет решающее значение для обеспечения безопасности и эффективности систем электропередачи. Неконтролируемый рост растительности может привести к перебоям в подаче электроэнергии, повышению пожароопасности и необходимости дорогостоящего технического обслуживания. Традиционные наземные методы мониторинга, хотя и являются эффективными, зачастую трудоемки и отнимают много времени. В данном исследовании оценивается жизнеспособность передовых технологий дистанционного зондирования - LiDAR, мультиспектральной и гиперспектральной съемки - как более эффективных альтернатив.

Abstract. Vegetation management in the vicinity of power lines is critical to the safety and efficiency of power transmission systems. Uncontrolled vegetation growth can lead to power outages, increased fire hazards and the need for costly maintenance. Traditional ground-based monitoring methods, while effective, are often labour-intensive and time-consuming. This study assesses the viability of advanced remote sensing technologies - LiDAR, multispectral and hyperspectral imagery - as more effective alternatives.

Ключевые слова LiDAR, мультиспектральная съемка, гиперспектральная съемка, управление растительностью, безопасность ЛЭП, экологический мониторинг, линии электропередач, дистанционное зондирование, лесные технологии

Keywords: LiDAR, multispectral imaging, hyperspectral imaging, vegetation management, power line safety, environmental monitoring, power lines, remote sensing, forest technology

Управление растительностью вблизи линий электропередач является критически важным компонентом поддержания безопасности и эффективности систем электропередач. Неконтролируемый рост растительности может привести к перебоям в подаче электроэнергии, увеличить риск возникновения пожара и потребовать дорогостоящего технического обслуживания. Традиционные наземные методы мониторинга растительности хотя и эффективны, но зачастую трудоемки и отнимают много времени. Применение системного подхода к управлению лесной растительностью может существенно повысить качество и эффективность удаления нежелательной растительности, а также улучшить планирование содержания территорий с применением интегрированных

методов управления растительностью [4]. В качестве мощного решения появилось применение технологий дистанционного зондирования, таких как LiDAR, мультиспектральная и гиперспектральная съемка, позволяющих быстро оценивать состояние растительности и управлять ею на обширных и зачастую труднодоступных территориях.

LiDAR (Light Detection and Ranging) предоставляет точную трехмерную информацию о физической структуре растительности, позволяя детально отображать высоту деревьев, слои полога и биомассу. Эта технология особенно эффективна при выявлении зарослей, представляющих опасность для линий электропередач, благодаря своей способности проникать сквозь полог и предоставлять точные топографические данные.

Мультиспектральная съемка позволяет получать данные с определенными длинами волн в электромагнитном спектре, включая видимый и инфракрасный свет. Этот метод неocenim для мониторинга состояния и плотности растительности, поскольку он позволяет обнаружить изменения в состоянии растений еще до того, как они станут заметны невооруженным глазом. Анализируя изменения в содержании хлорофилла, мультиспектральные датчики могут выделить зоны плотного роста растительности или стресса, что очень важно для принятия упреждающих мер.

Гиперспектральная съемка расширяет эти возможности за счет сбора данных в более широком диапазоне длин волн, обеспечивая более подробный спектр для каждого пикселя изображения. Такая детализация позволяет глубже анализировать химические свойства растительности, такие как содержание влаги и концентрация пигментов, обеспечивая комплексную оценку состояния и жизнеспособности растительности.

Интеграция технологий дистанционного зондирования в практику управления растительностью вдоль линий электропередач представляет собой значительное достижение в данной области. Сравнивая эти технологии, исследование стремится определить их относительные достоинства и ограничения и выработать тонкое понимание того, как их можно сочетать для оптимизации стратегий управления растительностью в коридорах ЛЭП. Учет комплексных и многоуровневых воздействий стресса на экосистемы лесов и использование многослойных и многоплатформенных подходов, включающих технологии дистанционного зондирования, является критически важным для точного и эффективного мониторинга и управления состоянием лесных экосистем [7].

Как показывает исследование Mongus и др. (2022), демонстрируют значительный прогресс в управлении растительностью благодаря внедрению системы экологической разведки, использующей данные LiDAR, что позволяет значительно улучшить прогнозирование роста растительности и оценку рисков. В их работе представлена полная система, объединяющая продукты данных LiDAR с дополнительными тематическими картами и административными данными, что позволяет более точно оценивать состояние растительности и прогнозировать возможные угрозы для линий электропередач [1].

Хотя LiDAR отлично подходит для структурного картирования, он не дает информации о спектральных свойствах растительности, необходимых для оценки состояния растений. В то же время мультиспектральная съемка обеспечивает эти данные, что делает ее более полезной для комплексной оценки растительности. Исследование Демидова (2021) подчеркивает важность алгоритмов предполетной ориентации БПЛА, что повышает точность данных и эффективность мониторинга, особенно при использовании мультиспектральной съемки [6].

Мультиспектральная съемка очень эффективна для мониторинга состояния растительности на больших территориях. Исследования показывают, что мультиспектральная съемка позволяет обнаружить физиологические изменения в растениях, такие как колебания уровня хлорофилла, которые свидетельствуют о стрессе или болезни еще до того, как проявятся физические симптомы. При управлении растительностью на линиях электропередачи мультиспектральные изображения можно

использовать для планирования работ по техническому обслуживанию, выявляя участки, где растительность захватывает линии электропередачи или где она может вскоре представлять опасность [2; 8].

Разрешение мультиспектральных изображений обычно ниже, чем у LiDAR, что делает их менее эффективными для детального картирования мелкомасштабных объектов. Кроме того, для оптимального сбора данных мультиспектральная съемка требует ясных погодных условий, что может быть затруднительно в облачных или дождливых регионах.

Гиперспектральная съемка обеспечивает наиболее подробную спектральную информацию, захватывая сотни узких полос электромагнитного спектра. Такая глубина данных позволяет проводить тонкий анализ химических свойств растительности, что дает возможность идентифицировать конкретные виды, выявлять заболевания и с высокой точностью оценивать общее состояние растительности. Основная проблема гиперспектральной съемки заключается в огромном объеме генерируемых данных, что требует широких возможностей обработки и анализа. Кроме того, как и в случае с мультиспектральной съемкой, ее эффективность снижается при плохих погодных условиях, и, как правило, она требует более сложного оборудования и опыта [3].

Учитывая взаимодополняющие достоинства и недостатки LiDAR, мультиспектральных и гиперспектральных технологий, комплексный подход часто дает наилучшие результаты. Например, объединение структурных данных LiDAR со спектральными данными многоспектральной или гиперспектральной съемки позволяет получить всеобъемлющий обзор как физических, так и медицинских аспектов растительности. Исследование Новикова и др. (2022) показывает, что применение UAV для создания защитных лесных насаждений на неэффективных участках может существенно ускорить процессы восстановления леса и повысить экологическую безопасность [5]. Это подчеркивает возможности LiDAR, мультиспектральной и гиперспектральной съемки не только для картирования, но и для более точного мониторинга и управления растительностью.

Анализ технологий дистанционного зондирования таких как LiDAR, мультиспектральной и гиперспектральной съемки показывает, что каждая из них обладает уникальными преимуществами в управлении растительностью вблизи линий электропередачи. Однако, учитывая экономическую эффективность, простоту получения данных и широкие возможности применения, мультиспектральная съемка оказывается наиболее выгодной для рутинного управления растительностью.

Мультиспектральная съемка обеспечивает экономически эффективное решение по сравнению с LiDAR и гиперспектральными технологиями. Используя данные, полученные со спутника, энергетические компании могут контролировать обширные участки линий электропередачи без значительных инвестиций в наземное или воздушное оборудование. Способность быстро получать данные на обширных территориях делает мультиспектральную съемку особенно подходящей для обширных сетей линий электропередачи. Применение мультиспектральной съемки позволяет также использовать методы обработки изображений, такие как SIFT дескрипторы, что улучшает точность и надежность анализа данных [9].

Мультиспектральная съемка является прагматичным выбором, стремящимся повысить безопасность и надежность передачи электроэнергии, одновременно контролируя эксплуатационные расходы. Его способность предоставлять критически важные сведения о состоянии растительности на больших территориях, экономическая эффективность и совместимость со спутниковыми технологиями делают его незаменимым инструментом в современной практике управления растительностью вдоль линий электропередачи. Применение этих технологий позволяет значительно повысить эффективность управления нежелательной растительностью, что особенно важно для поддержания инфраструктурных объектов в надлежащем состоянии [10].

Список литературы

1. Mongus D. et al. A Complete Environmental Intelligence System for LiDAR-Based Vegetation Management in Power-Line Corridors // Remote Sensing. – 2021. – Т. 13. – №. 24. – С. 5159.
2. Candiago S. et al. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images // Remote sensing. – 2015. – Т. 7. – №. 4. – С. 4026-4047.
3. López-Granados F. et al. Monitoring vineyard canopy management operations using UAV-acquired photogrammetric point clouds // Remote Sensing. – 2020. – Т. 12. – №. 14. – С. 2331.
4. Платонов А. А. Комплексное управление лесной растительностью: этапы и перспективы развития // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – №. 2 (50). – С. 142.
5. Новиков А.И и др. Фронтальный метод создания защитных лесных насаждений вокруг питомников на неэффективных участках: технологические основы // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – №. 2. – С. 115-125.
6. Ecke S. et al. UAV-based forest health monitoring: A systematic review // Remote Sensing. – 2022. – Т. 14. – №. 13. – С. 3205.
7. Демидов Д. Н. Исследование алгоритма оценки параметров предполетной ориентации средств управления беспилотного летательного аппарата при мониторинге молодых лесных насаждений // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – №. 4 (44). – С. 100-111.
8. Lausch A. et al. Understanding forest health with remote sensing, part III: requirements for a scalable multi-source forest health monitoring network based on data science approaches // Remote sensing. – 2018. – Т. 10. – №. 7. – С. 1120.
9. Awad M. M. Forest mapping: a comparison between hyperspectral and multispectral images and technologies // Journal of Forestry Research. – 2018. – Т. 29. – №. 5. – С. 1395-1405.
10. Jurado J. M. et al. Remote sensing image fusion on 3D scenarios: A review of applications for agriculture and forestry // International journal of applied earth observation and geoinformation. – 2022. – Т. 112. – С. 102856.
11. Платонов А. А., Терновская О. В. Особенности формирования капитальных вложений для создания систем машин удаления нежелательной растительности // Лесотехнический журнал. – 2020. – Т. 10. – № 3 (39). – С. 164-174.

References

1. Mongus D. et al. A Complete Environmental Intelligence System for LiDAR-Based Vegetation Management in Power-Line Corridors // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13. – №. 24. – P. 5159.
2. Candiago S. et al. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images // Remote sensing. – 2015. – Vol. 7. – №. 4. – P. 4026-4047.
3. López-Granados F. et al. Monitoring vineyard canopy management operations using UAV-acquired photogrammetric point clouds // Remote Sensing. – 2020. – Vol. 12. – № 14. – P. 2331.
4. Platonov A. A. Integrated forest vegetation management: stages and prospects of development // Forest Engineering Journal. - 2023. - Vol. 13. - № 2 (50). – P. 142.
5. Novikov A.I. et al. Frontier method of creating protective forest plantations around nurseries on inefficient sites: technological foundations // Forest Engineering Journal. - 2022. - Vol. 12. - №. 2. - P. 115-125.
6. Ecke S. et al. UAV-based forest health monitoring: A systematic review // Remote Sensing. - 2022. - Vol. 14. - №. 13. - P. 3205.

7. Demidov, D. N. Research of the algorithm for estimating the preflight orientation parameters of the unmanned aerial vehicle controls during the monitoring of young forest plantations // Forest Engineering Journal. - 2021. - Vol. 11. - №. 4 (44). - P. 100-111.
8. Lausch A. et al. Understanding forest health with remote sensing, part III: requirements for a scalable multi-source forest health monitoring network based on data science approaches // Remote sensing. - 2018. - Vol. 10. - № 7. - P. 1120.
9. Awad M. M. Forest mapping: a comparison between hyperspectral and multispectral images and technologies // Journal of Forestry Research. - 2018. - Vol. 29. - № 5. - P. 1395-1405.
10. Jurado J. M. et al. Remote sensing image fusion on 3D scenarios: A review of applications for agriculture and forestry // International journal of applied earth observation and geoinformation. - 2022. - Vol. 112. - P. 102856.
11. Platonov A. A., Ternovskaya O. V. Features of capital investment formation for the creation of machine systems for removing unwanted vegetation // Forest Engineering Journal. - 2020. - Vol. 10. - №. 3 (39). - P. 164-174.