

Д. А. Кочкарь

Научно-производственное объединение "Лесинформ", Харьков, Украина

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ НАЗЕМНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВЫХ КАРТ

Задача проектирования наземных систем мониторинга лесных пожаров в настоящее время является достаточно сложной и требует создания специальной информационной технологии. **Целью данной работы** является разработка информационной технологии для проектирования наземных систем мониторинга с учетом существующей инфраструктуры оборудования, особенностей лесных массивов и естественных ограничений. **Результаты.** Разработана информационная технология проектирования систем наземного мониторинга для прогнозирования и раннего обнаружения лесных пожаров на основе беспроводных сенсорных сетей и видеонаблюдения. Технология базируется на основе цифровых карт и методах покрытия лесных объектов с учетом точек размещения датчиков и зон видеонаблюдения. Предлагаются эвристические процедуры оцифровки картографического материала и пространственного покрытия лесных полигонов. Разработаны инструментальные средства проектирования и эксплуатации наземных систем мониторинга. **Вывод.** Интегрированные НСМ, базирующиеся на видео и сенсорных технологиях целесообразно использовать для прогнозирования, контроля и поддержки принятия решений по обнаружению и тушению пожаров в относительно небольших лесных массивах со сложной географической конфигурацией. По данным компании «Лесинформ» наземная система мониторинга была разработана и успешно внедрена в Свесском лесхозе Сумской области.

Ключевые слова: мониторинг, лесные пожары, видео, сенсорные сети, покрытие, проектирование.

Введение

В последние годы в Украине проблема лесных пожаров достигла высокого уровня критичности. Пожары происходят во всех областях. Большое число лесных пожаров происходит в таких областях, как Херсонская, Днепропетровская, Киевская, Запорожская и другие. Немалые средства приходится платить и за ликвидацию последствий от пожаров.

Задача мониторинга лесных ресурсов для предотвращения лесных пожаров является весьма актуальной. Обнаружение возгорания на начальных стадиях горения является наиболее эффективным методом предотвращения лесных пожаров. Оно может быть обеспечено с помощью наземных систем мониторинга (НСМ) [1].

В настоящее время широкое развитие получили системы беспроводного видео мониторинга [2-9]. Система видеонаблюдения позволяет на основе изображения повысить оперативность и качественное обнаружение очагов пожаров. В системе мониторинга видеокамеры передают информацию по радиоканалу на единый диспетчерский пункт. Готовые решения предлагают различные компании [9].

Достижения в области беспроводных сенсорных сетей являются перспективной технологией разработки наземных систем мониторинга [10-12]. Датчики могут обнаружить и контролировать различные статические и динамические параметры, такие как температуру, относительную влажность воздуха, дым, направление и скорость ветра. Сенсорные системы могут помочь в принятии решения по ликвидации пожара. При наличии в узлах сенсорной сети GPS можно оперативно узнать о начале пожара, а также с высокой точностью определить его местонахождение. Кроме того, узлы с датчиками способны организовать сеть самостоятельно, не требуя настройки.

Таким образом, актуальной проблемой создания наземных систем мониторинга является выбор такой инфраструктуры, которая основана на различных технологиях и объединяет варианты НСМ и БСС. Критериями для выбора инфраструктуры НСМ могут быть полнота контроля, оперативность, надежность и экономическая эффективность.

Задача проектирования наземных систем мониторинга лесных пожаров в настоящее время является достаточно сложной и требует создания специальной информационной технологии.

Целью данной работы является разработка информационной технологии для проектирования наземных систем мониторинга с учетом существующей инфраструктуры оборудования, особенностей лесных массивов и естественных ограничений.

1. Постановка задачи

Задача проектирования наземной системы мониторинга для обнаружения лесных пожаров была сформулирована в [13]. Она сводится к выбору и размещению необходимого оборудования системы мониторинга (видеокамер, датчиков, средств передачи данных и т.д.), чтобы обеспечить требуемую полноту контроля и минимальную стоимость системы. При этом учитываются зоны повышенной пожарной опасности и зоны ограниченного контроля.

Задача оптимального размещения оборудования может быть сформулирована как задача теории покрытия. Покрытие кругами одного радиуса было впервые рассмотрено в [14].

В наше время оно нашло применение в беспроводных сенсорных сетях [15, 16].

Важнейшими качествами данных, используемых в процессе мониторинга и принятия решений, является их актуальность, полнота и объективность. Основной картографический материал для мониторинга должен быть составлен на точной топографи-

ческой основе. Для обеспечения этих требований необходимо учитывать целый ряд картографических и топологических аспектов.

2. Обеспечения качества цифровой карты лесных ресурсов

При векторизации оператором растрового изображения проблемой является точная стыковка различных геометрических объектов: точек и сегментов полилиний. Векторизация ведется с некоторой точностью, которая называется геометрической и которая намного больше видимой на экране монитора в масштабе работы оператора. При этом возникает большое количество ошибок крайне трудных для ручного исправления, так как требует просмотра всех элементов в большом увеличении.

Эта проблема исчерпывающим образом разрешается путем введения понятия близости точек с геометрической точностью. Введение отношения эквивалентности на всем множестве точек из входных данных позволяет отождествить близкие точки. Две точки считаются близкими, если расстояние между ними меньше геометрической точности. Пары точек стягиваются к средней точке, если принадлежат к полилиниям одного ранга. Или точка с более низким рангом подвигается в точку с более высоким рангом.

Перебирая все пары точек одного класса эквивалентности, стягиваем весь класс в одну точку. Таким образом, автоматически устраняются различные нестыковки, невидимые в обычном масштабе работы на экране монитора. После отождествления точек на полилинии могут появляться сегменты нулевой длины, то есть так называемые «слипшиеся» точки. Такие сегменты удаляются.

Другой проблемой качества является обработка точек, близких к сегментам полилиний. Если расстояние от вершины полилинии до сегмента той же или другой полилинии меньше заданной геометрической точности, то на сегменте образуется новая вершина в месте пересечения сегмента и перпендикуляра, опущенного из близкой вершины. Близкая вершина и новая отождествляются. Другими словами, они стягиваются навстречу друг другу, если ранг полилиний одинаков. Или вершина, принадлежащая полилинии с низким рангом, подтягивается к вершине с более высоким рангом.

В результате отождествления близких с геометрической точностью вершин и подтягивания вершин к сегментам полностью решается задача точной стыковки геометрических объектов. При этом близкие сегменты полностью налегают друг на друга. В этой ситуации на налегающих сегментах образуются новые вершины, соответствующие друг другу. Из полилинии с меньшим рангом удаляется перекрытый сегмент и она разбивается на две полилинии. Следовательно, процедура автоматически без участия оператора исправляет все ошибки оцифровки, связанные с неточными стыковками, слипаниями точек и налеганиями полилиний друг на друга.

Исходные полилинии могут перемыкаться, то есть иметь несколько вершин, соответствующих

одной и той же точки плоскости. Они могут пересекаться сегментами в месте, где может не быть вершин полилиний, а также могут слипаться. Оператор, делающий оцифровку, может не думать о необходимости образовывать пересечения. Все пересечения обрабатываются автоматически.

Описанная процедура имеет особенность. Она производит анализ и исправления множества полилиний и построение планарного графа в несколько проходов. Это связано с тем, что некоторые ошибочные ситуации могут быть выявлены только на следующем проходе после исправления других ошибок. Кроме того, в процессе исправления ошибочных ситуаций могут появляться новые ошибки. Количество циклов процедуры зависит от сложности входных данных. Эксперименты показали, что в среднем процедура полностью отлавливает все ошибки и исправляет их за 2 – 7 проходов.

3. Проектирование инфраструктуры систем наземного мониторинга

Одним из решений для проектирования наземных систем мониторинга является сетевая инфраструктура, которая объединяет НСВМ и БСС (рис. 1).

Работа такой системы состоит в следующем. Узел с датчиком огня или дыма обнаруживает пожар. Он посылает сигнал тревоги через беспроводную сеть серверу. Приложение сервера выбирает ближайшие к сенсору камеры и поворачивает их на сенсор, который поднял тревогу. Видеокамера передает изображение в реальном времени и позволяет подтвердить пожарным о существовании пожара и избежать ложных тревог. Для поддержки процесса проектирования сетевых инфраструктур НСМ требуется разработка специализированных систем автоматизации проектирования (САПР НСМ).

Автоматическое размещение оборудования НСМ осуществляется с помощью процедуры покрытия заданного полигона произвольной конфигурации с обходом запретных участков и учетом существующей инфраструктуры. Предварительно картографический материал проходит обработку путем анализа планарного графа.

Суть процедуры состоит в следующем. Анализируемая область S разбивается на квадраты со стороной, соответствующей вписанному в круг с радиусом действия узла или датчика R . Затем выбирается ряд квадратов которые принадлежат S . Все остальные ряды через один смещаются относительно первоначального положения на $\frac{1}{2}$ стороны квадрата. Для каждого ряда проверяется принадлежность центра крайних квадратов S . Иначе находится центр многоугольника пересечения и там устанавливается оборудование. В результате получаем область S покрытую кругами.

Проверяется принадлежность центров запретным зонам. Если весь квадрат принадлежит запретной зоне, то он удаляется. В противном случае, его центр смещается в разрешенную область в сторону ближайшей границы. На данном этапе исключается покрытие всех запретных зон.

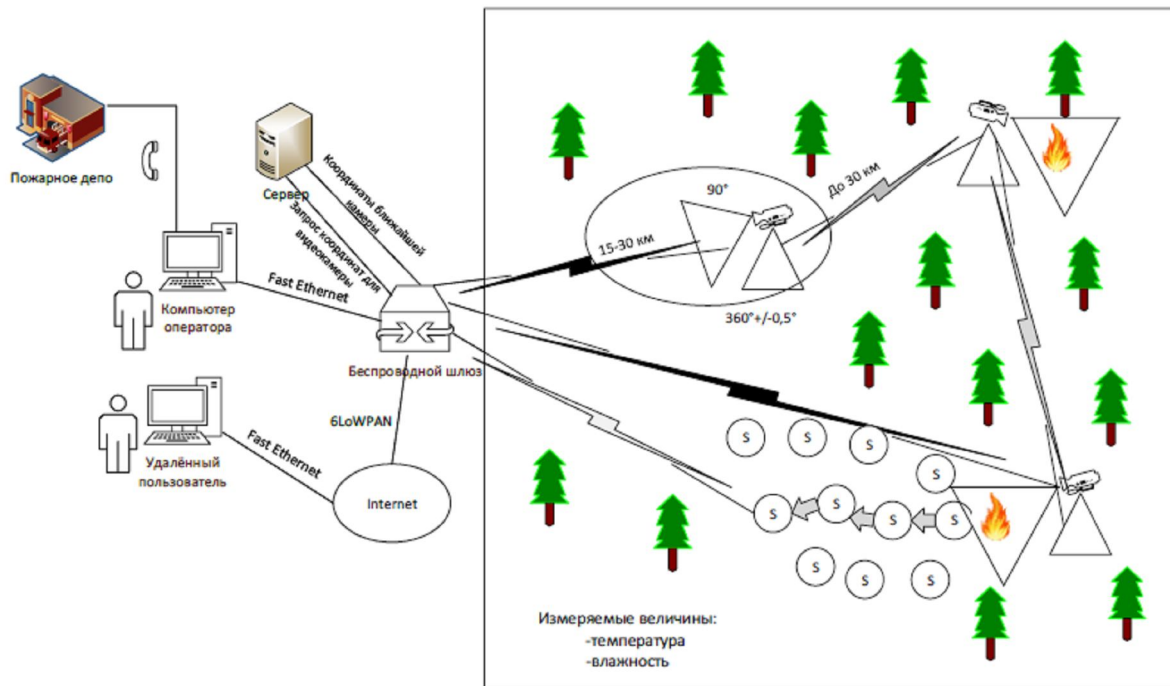


Рис. 1. Инфраструктура системы наземного мониторинга для лесных пожаров

На рис. 2 показан результат работы процедуры.

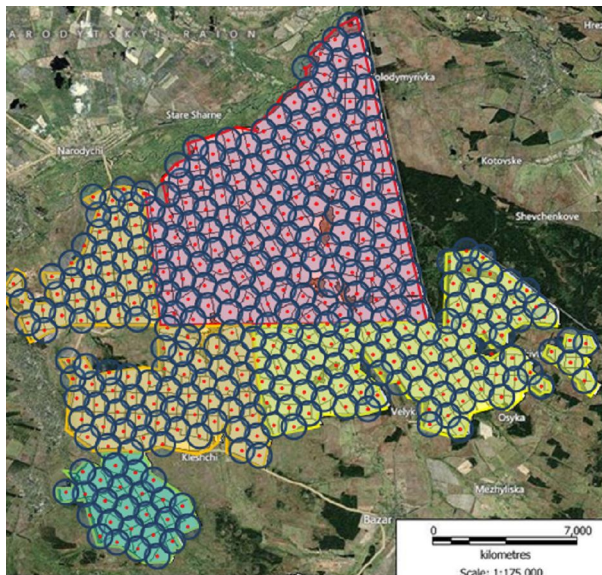


Рис. 2. Покрытие области кругами малого радиуса с учетом запретных участков

4. Инструментальные средства

Средства проектирования НСМ предоставляет следующие функциональные возможности. Оно позволяет работать с картографическим материалом; выбирать необходимое оборудование; определять место для его размещения в автоматическом или ручном режимах; определять полноту покрытия и стоимость НСМ. На рис. 3 показан результат работы программы «Test Polygon».

Когда включена опция «Показывать подложку», будет отображена оцифрованная карта. При включении опции «Запретная зона» происходит переход к отрисовке многоугольника зоны исключения.

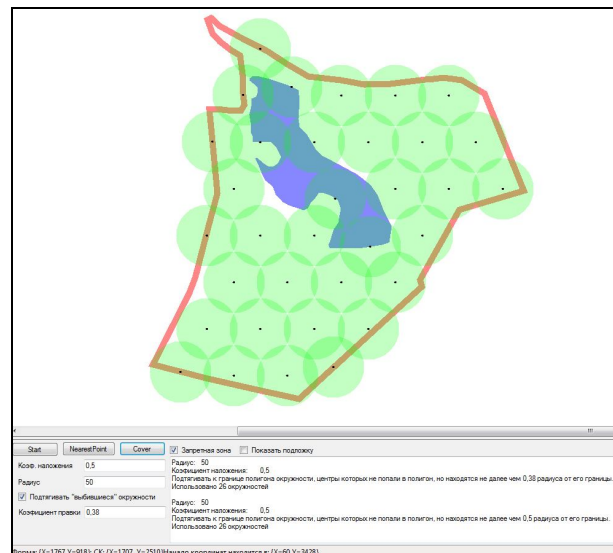


Рис. 3. Работа программы «Test Polygon»

Также программа позволяет выполнить выделение главного многоугольника желаемой области (и опционально «запретной зоны») где происходит покрытие выделенной области кругами. В процессе проектирования задается радиус окружности, которыми будет покрываться выделенный участок (другими словами радиус действия беспроводного сенсорного узла согласно техническим характеристикам). Мы можем подтягивать «выбившиеся» окружности, то есть такие окружности, центры которых не попали в выделенную область, но находятся в непосредственной близости. Такие окружности «подтягиваются» к границе многоугольника. При этом учитывается «коэффициент правки» – значение в долях от радиуса окружности, которое показывает, насколько близко должен быть центр окружности к

многоугольнику, чтобы его было целесообразно переносить на границу выделенной области.

В режиме эксплуатации системы разработан веб-сервис для мониторинга и оповещения о пожаре (рис. 3). Он дает возможность определять датчик, который подал сигнал тревоги и отображать его на карте лесного массива.

Программа включает в себя возможность подключения к системе модулей ZigBee. Разработана возможность автоматического обнаружения новых датчиков в сети для облегчения работы оператора. Для удобства пользования имеется возможность работы с картой. Программа позволяет в автоматическом режиме рассылать оповещение в случае пожара в лесу на электронный адрес и телефонный номер для быстрого реагирования различного рода

служб. Имеется возможность просмотра данных в режиме реального времени в форме диаграмм. Дополнительной функцией является сохранение данных на сервере для дальнейшего анализа.

Интерфейс сервиса разработан на языке разметки гипертекста HTML5. На каждой странице интерфейса имеется меню для быстрого доступа, которое включает переходы на главную страницу, страницу про зоны мониторинга, сенсоры и т.д. После запуска веб-сервиса в браузере отображается страница, на которой находится интерактивная карта с датчиками и короткие ведомости о последних сигналах. Сервис изменяет статус в случае, когда один из датчиков обнаружил пожар (рис. 4). В этом случае появится кнопка отправки оповещения, а также выделяется датчик, который обнаружил пожар.

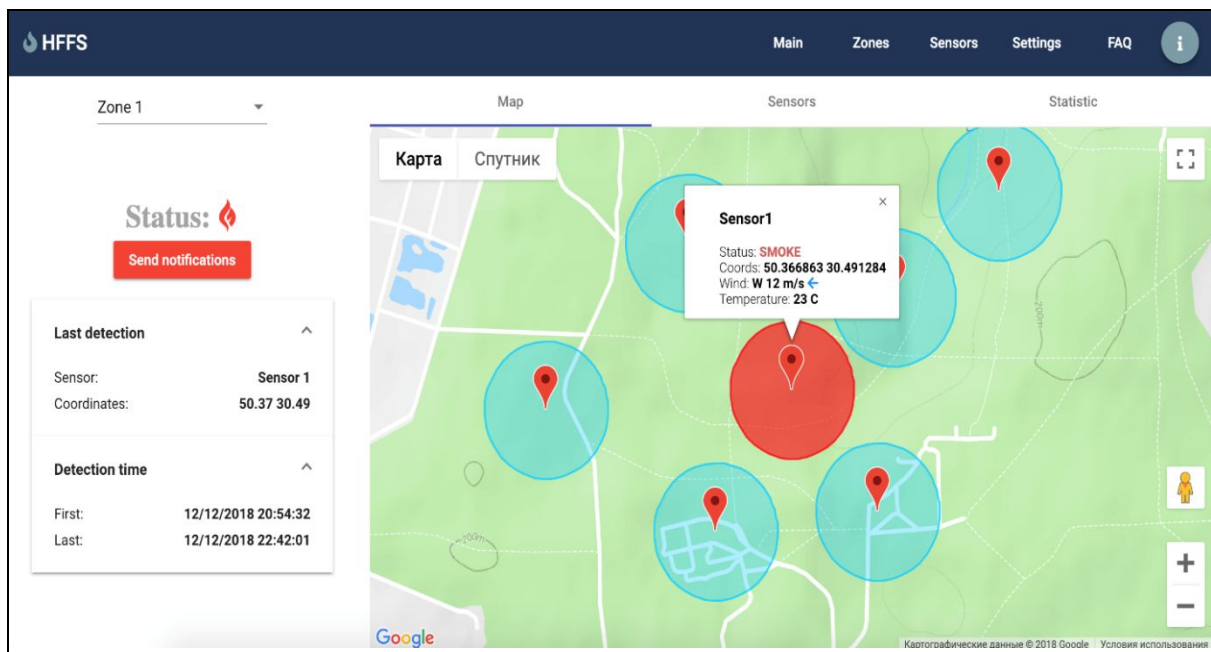


Рис. 4. Страница с датчиками при возникновении пожара

Заключение

В данной работе рассмотрена информационная технология проектирования и эксплуатации системы наземного мониторинга и прогнозирования лесных пожаров. Предлагаются методы, процедуры и инструментальные средства для обработки картографического материала, устранения ошибок оцифровки, проектирования сетевой инфраструктуры системы и проведения мониторинга лесных пожаров.

Интегрированные НСМ, базирующиеся на видео и сенсорных технологиях целесообразно использовать для прогнозирования, контроля и поддержки принятия решений по обнаружению и тушению пожаров в относительно небольших лесных массивах со сложной географической конфигурацией.

По данным компании «Лесинформ» наземная система мониторинга была разработана и успешно внедрена в Свесском лесхозе Сумской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kharchenko V.S., Kotchkar D. A., Bogomolov V. V., Orehov A.A. Monitoring network-based infrastructure for forest fire detection // Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires III, New Forest, UK: WIT Press. – 2012. – Vol 158. - p. 91-99
2. Д.В. Ершов. Российская система мониторинга лесных пожаров / Д.В. Ершов, Г.Н. Коровин, П.П. Шуляк, Н.Б. Дворкина, К.А. Ковганко, П.В. Петров, Е.А. Лупян, А.А. Мазуров, А.А. Прошин, Е.В. Флитман, С.А. Барталев, С.А. Ташилин, Н.А. Абушенко, А.И. Беляев, Л.А. Рыбникова // ARCNEWS. – 2004. – №4 (31) стр.21-23.
3. Новая система пожарного мониторинга – [Электронный ресурс]– Режим просмотра: <http://inform.nstu.ru/print.php?id=564>
4. Псковская область запускает пилотный проект по созданию региональной системы мониторинга за лесными пожарами - [Электронный ресурс]– Режим просмотра: <http://www.wood.ru/ru/lonewsid-18998.html/01.11.2009>.

5. Automatic Early Warning System for Forest Fires // FireWatch – [Електронний ресурс]–Режим просмотра: <http://www.fire-watch.de/cms>.
6. Amin Salih Mohammed (2018), “modification of load balancing method in networks with wimax technology”, *Qalaai Zanist Journal*, Vol. 3, No. 2, pp. 791-802.
7. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113.
8. Nandhini A., Saravana Balaji B., "Energy-Efficient PSO and Latency Based Group Discovery Algorithm in Cloud Scheduling", *International Journal of Information Technology and Computer Science(IJTCS)*, vol.6, no.10, pp.48-55, 2014. DOI: <http://doi.org/10.5815/ijitcs.2014.10.07>
9. Kharchenko V., Orekhov A., Medintsev S., Kotchkar D., Bogomolov V. Ground video-monitoring systems for early detection of forest fires // *Journal of information, control and management systems Faculty of Management Science and Informatics University of Zilina*. – 2010. – Vol. 8. – № 2. – P.111–120.
10. Hefeeda M., Bagheri M. Forest fire modeling and early detection using wireless sensor networks // *Ad Hoc & Sensor Wireless Networks*. – 2009. – Vol. 7. – P.169-224.
11. Pripuzic K., Belani H., Vukovic M. Early forest fire detection with sensor networks: sliding window skylines approach // *Proceedings 12th International Conference, KES 2008 Zagreb*. – 2008. – Part 1. – P. 725-732.
12. Hsu-Yaung Kung, Jing-Shiuan Hua, Chaur-Tzuhn Chen Drought forecast model and framework using wireless sensor networks // *Journal of Information Science and Engineering* – 2006. – № 22. – P. 751-769.
13. Мединцев С.Ю. Системы мониторинга лесных ресурсов: состояние и пути развития / Мединцев С.Ю. Системы мониторинга лесных ресурсов: состояние и пути развития / Мединцев С.Ю., Орехов А.А., Кочкар Д.А. // Международная научно-техническая конференция "Гарантоспособные (надежные и безопасные) системы, сервисы и технологии DeSSerT-2009", Харьков, Украина - Радиоэлектронные и компьютерные системы. – N6, 2009, с. 70-74.
14. Kershner R. The number of circles covering a set // *Amer. J. Mathematics*. - 1939. - Vol. 61, N 3. - p. 665–671.
15. Saravana Balaji B., Amin Salih Mohammed, Chiai Al-Atroshi, “Adaptability of SOA in IoT Services – An Empirical Survey”, *International Journal of Computer Applications*, vol. 182 (31), pp. 25-28, 2018, DOI: <http://doi.org/10.5120/ijca2018918249>
16. Zhang H., Hou J.C. Maintaining sensing coverage and connectivity in large sensor networks // *Ad Hoc & Sensor Wireless Networks*. - 2005. - Vol. 1, N 1-2. - p. 89–124.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К. С. Козелкова,
Державний університет телекомунікацій, Київ
Received (Надійшла) 04.11.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 16.01.2019

Інформаційна технологія створення наземних систем моніторингу лісових пожеж з використанням моделей цифрових карт

Д. О. Кочкар

Завдання проектування наземних систем моніторингу лісових пожеж в даний час є досить складною і вимагає створення спеціальної інформаційної технології. **Метою даної роботи** є розробка інформаційної технології для проектування наземних систем моніторингу з урахуванням існуючої інфраструктури обладнання, особливостей лісових масивів і природних обмежень. **Результати.** Розроблено інформаційну технологію проектування систем наземного моніторингу для прогнозування і раннього виявлення лісових пожеж на основі бездротових сенсорних мереж і відеоспостереження. Технологія базується на основі цифрових карт і методах покриття лісових об'єктів з урахуванням точок розміщення датчиків і зон відеоспостереження. Пропонуються евристичні процедури оцифровки картографічного матеріалу та просторового покриття лісових полігонів. Розроблено інструментальні засоби проектування і експлуатації наземних систем моніторингу. **Висновок.** Інтегровані НСМ, що базуються на відео і сенсорних технологіях доцільно використовувати для прогнозування, контролю та підтримки прийняття рішень з виявлення та гасіння пожеж у відносно невеликих лісових масивах зі складною географічною конфігурацією. За даними компанії «Лесінформ» наземна система моніторингу була розроблена і успішно впроваджена в Свеський лісгоспі Сумської області.

Ключові слова: моніторинг, лісові пожежі, відео, сенсорні мережі, покриття, проектування.

Information technology for development ground monitoring systems of forest fires based on digital maps model

D. Kotchkar

The task of designing ground-based forest fire monitoring systems is currently quite complex and requires the creation of a special information technology. **The purpose of this work** is the development of information technology for the design of ground-based monitoring systems, taking into account the existing equipment infrastructure, features of forest areas and natural constraints. **Results.** An information technology developed for designing ground-based monitoring systems for the prediction and early detection of forest fires based on wireless sensor networks and video surveillance. The technology is based on digital maps and methods of forest objects coverage, considering the placement of sensor points and video surveillance zones. Heuristic procedures proposed for digitizing cartographic material and spatial coverage of forest landfills. Tools developed for designing and operating ground-based monitoring systems. **Conclusion.** Integrated HCM based on video and sensory technologies should be used to predict, control and support decision-making on the detection and suppression of fires in relatively small forests with a complex geographical configuration. According to the company "Lesinform" ground monitoring system was developed and successfully implemented in the Svesk forestry Sumy region.

Keywords: monitoring, forest fires, video, sensor networks, coverage, design.