

Дементьев В.Е., Елягин С.В.

МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск Россия

Dementiev V.E., Elyagin S.V.

MONITORING OF ELECTROMAGNETIC POLLUTION

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk Russia

В настоящее время в связи с бурным развитием беспроводных технологий возникает задача, связанная с получением заинтересованными структурами и населением адекватной и оперативной информации об электромагнитном загрязнении интересующей их территории. Понятно, что выявление источников электромагнитного загрязнения является важной и актуальной задачей. В настоящее время для оценки уровня электромагнитного поля применяют дорогостоящие приборы, требующие присутствия человека и профессиональной эксплуатации. Понятно, что построение карт электромагнитного загрязнения в этих условиях является дорогостоящим и затратным мероприятием.

В настоящей работе приведены результаты проделанной работы, направленной на решение задачи мониторинга электромагнитного загрязнения территории. Кроме того, приводятся результаты формирования электронных векторных карт местности с результатами мониторинга уровня электромагнитного поля.

На данный момент времени получены следующие основные результаты:

1. Предложена и реализована структура программно-аппаратного комплекса мониторинга уровня электромагнитного поля, который состоит из ряда разработанных авторами автономных мобильных измерительных терминалов уровня электромагнитного поля [1, 2] и центрального терминала. Также предложена новая методика мониторинга и анализа уровня электромагнитного поля на территории действия сетей сотовой связи стандарта

GSM. Предлагаемая методика позволяет увеличить число измерений в единицу времени, снизить затраты оператора в процессе измерения, привязать результаты измерений к конкретным географическим координатам, высоте и времени и обеспечить сохранение измерений в энергонезависимой памяти (SD-карте памяти) [3];

2. Проведено тестирование разработанного мобильного измерительного терминала уровня электромагнитного поля, содержащего два разных детектора радиосигнала AD8314 и ZX47-50-S+, обеспечивающих точностью измерения ± 1 дБм. Авторами было установлено, что среднеквадратическое отклонение уровня сигнала в конкретной точке измерения составляет 0.94 - 1.28 дБм. Для проверки достоверности получаемых данных с детекторов радиосигнала проводилось многократное измерение уровня электромагнитного поля одновременно обоими детекторами радиосигнала (всего было выполнено более 55 тыс. пар измерений). Анализ характеристик преобразования детекторов (зависимость постоянного выходного напряжения от уровня электромагнитного поля) и исследование результатов статистического моделирования показало отсутствие систематической ошибки в измерениях. При этом среднеквадратическое отклонение измерений уровня сигнала составило 0.75 - 1.30 дБм. Таким образом, показана возможность использования рекомендуемых производителями характеристик преобразования для определения уровня электромагнитного поля с указанной погрешностью [4];

3. Проведены измерения плотности потока энергии на территории действия нескольких антенн. Предложена методика обработки измерений при их значительных частотно-временных флуктуациях, которая позволяет, используя разработанный мобильный измерительный терминал уровня электромагнитного поля, строить и анализировать картину электромагнитного поля вблизи передающих антенн. Приведенные результаты математического моделирования системы базовых станций показывают совпадение с результатами экспериментов [5];

4. Экспериментально и теоретически показано наличие максимумов уровня электромагнитного поля на территории действия близко расположенных антенн. Предложен и обоснован механизм определения точки максимального уровня электромагнитного поля и направления на антенну, вносящую наибольший вклад в уровень сигнала. Суть предложенного механизма заключается в использовании корреляционного анализа между двумерной области экспериментальных данных и скользящим окном - шаблоном, формируемым с использованием типовых диаграмм направленности антенн. Установлено, что наибольшее значение коэффициента корреляции наблюдается при размере ячейки $16 \times 16 \text{ м}^2$, т. е. при размере скользящего окна $80 \times 80 \text{ м}^2$ и содержащего 25 ячеек. Таким образом, при корреляционном анализе использовалось квадратное 5×5 скользящее окно - шаблон, каждое значение которого является средним арифметическим значением измерений, попадающих в ячейку. Асимметричный вид шаблона, позволяет определять направление на антенну, вносящую наибольший вклад в уровень сигнала. Установлено, что при числе измерений на ячейку скользящего окна более 25 точность определения координат участка с наибольшим уровнем плотности потока энергии практически не изменяется [5];

5. По результатам измерений проведены статистические испытания, направленные на формирование прогноза уровня электромагнитного поля на некотором расстоянии от мест измерений. Измерения проводились со скоростью 125 измерений в секунду (каждое измерение есть среднее восьми измерений, получаемых через 1 мс) с привязкой к географическим координатам, скорости движения и записывались в карту памяти. Показано, что при удалении измерений друг от друга до 40 м коэффициент корреляции не опускается ниже 0.95. Выполнено отображение значений уровня электромагнитного поля на плоскости с привязкой к географическим координатам местности. Также показано, что среднеквадратическое отклонение измерений не зависит от скорости движения автомобиля с мобильным измерительным терминалом [6].

Для визуального отображения информации и соотнесения ее реальными объектами необходимы электронные карты местности. Существует два вида подобных карт: растровые и векторные. Растровые карты отличает простота обработки, которая заключается в географическом месторасположении растровых картинок на местности, большой размер и значительные трудности последующей обработки, определяемые однотипной, содержащейся только в цвете конкретного пикселя информацией.

Векторные карты намного удобнее в использовании, однако, процесс их создания не столь тривиален как в растровом случае. Поскольку процесс анализа электромагнитного загрязнения сопряжен со значительными вычислениями и частыми перестроениями карт покрытия в настоящей работе решено воспользоваться векторными картами. Для создания векторной карты г. Ульяновска использовался продукт MapInfo Professional. При этом процесс создания карты состоял из следующих этапов:

1. Сканирование растровых карт г. Ульяновска. Данный этап выполнялся на специализированных планшетных сканерах, отличающихся высоким пространственным разрешением и качеством цветопередачи. Каждое из изображений (а всего их более сотни) соответствующим образом именовалось и классифицировалось;

2. Географическая привязка получившихся растровых изображений. Этот процесс был произведен в ручном режиме по информации содержащейся в каждом конкретном изображении (широта/долгота левого верхнего и правого/нижнего угла). Совмещение перекрывающихся изображений производилось в полуавтоматическом режиме с использованием хорошо себя зарекомендовавших псевдоградиентных алгоритмов;

3. Векторизация получившихся изображений. Частично векторизация (то есть выделение векторных объектов на растровом изображении) производилась в специальных узкопрофессиональных программах (например, GisTrace), частично в ручном режиме. В ходе векторизации были выделены основные слои

(реки, дома, улицы, линии уровня), содержащиеся на картах и каждому конкретному объекту был поставлен в соответствие один или несколько атрибутов (например линии уровня – высота над уровнем моря, улице – название и т.д.);

4. Сохранение данных. Получившиеся векторные слои были сохранены в виде Shape файлов (*.shp), поскольку данный формат отличается открытостью (что означает возможность использования его в своих приложениях) и позволяет сохранять атрибуты в виде отдельных реляционных таблиц (*.db файлов), что упрощает их последующую обработку;

5. Использование данных векторных карт. В силу специфичности области применения и необходимости глубокой интеграции с результатами анализа данных электромагнитного загрязнения было решено отказаться от общепризнанных программных продуктов и создать свой. В качестве среды для этого был выбран программный пакет Borland Delphi.

Для отображения векторных карт был на основе открытых классов TGISImage и TGISShape была разработана собственная библиотека для работы с векторными слоями. Эта библиотека включает в себя инструменты отображения слоев, изменения их цвета, текстуры и толщины линий, инструменты масштабирования и перемещения, инструменты привязки к наиболее часто используемым географическим проекциям, а также механизмы соотнесения данных, полученных в ходе мониторинга уровня электромагнитного поля, хранящейся в локальной базе данных текущего векторного слоя. Полученный программный пакет выгодно отличается скоростью отображения визуальной информации и позволяет просто интегрировать в себя новые механизмы обработки больших объемов информации, характерных для задач мониторинга. Кроме того, использование процедур экстраполяции позволяет по отдельным измерениям выполнить прогноз уровня электромагнитного поля в соседней области. Ниже приведены несколько копий рабочей области экрана.

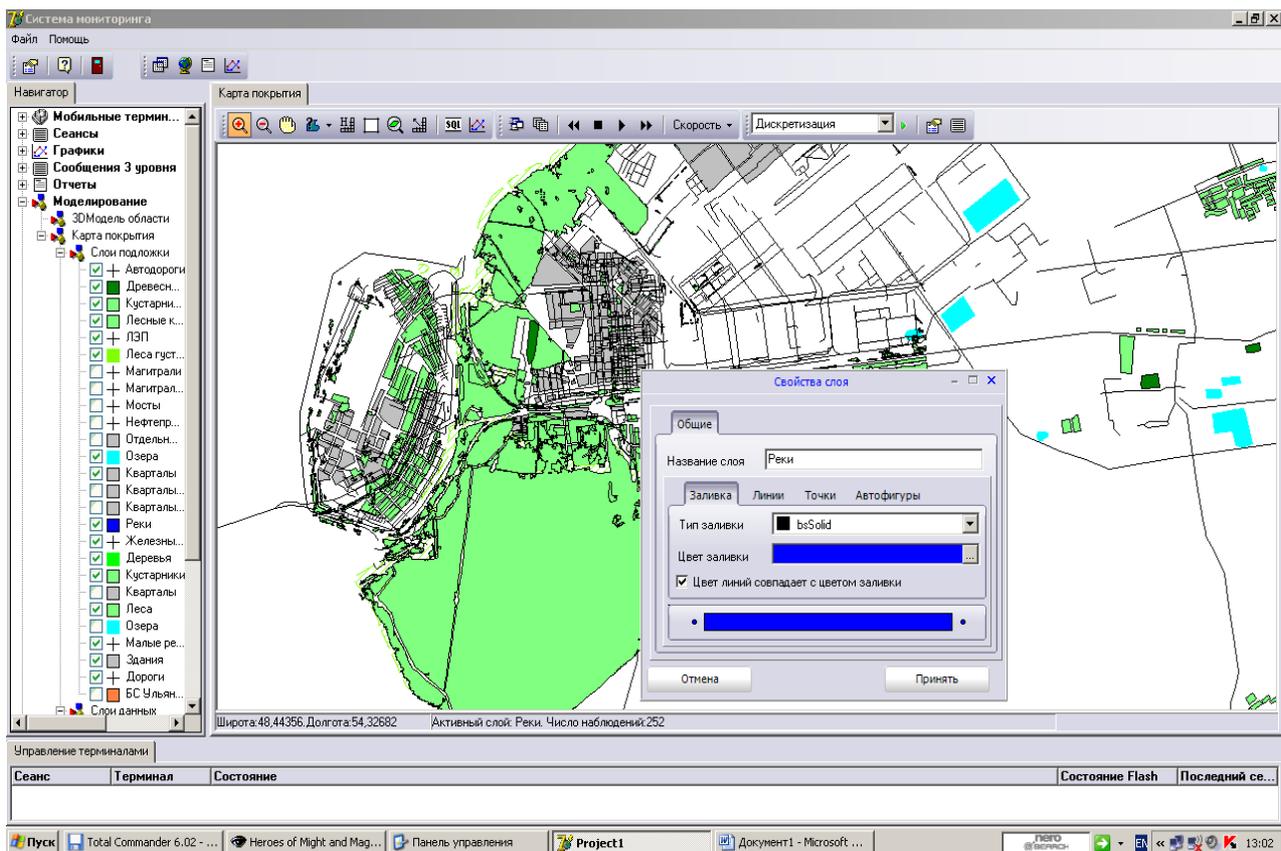
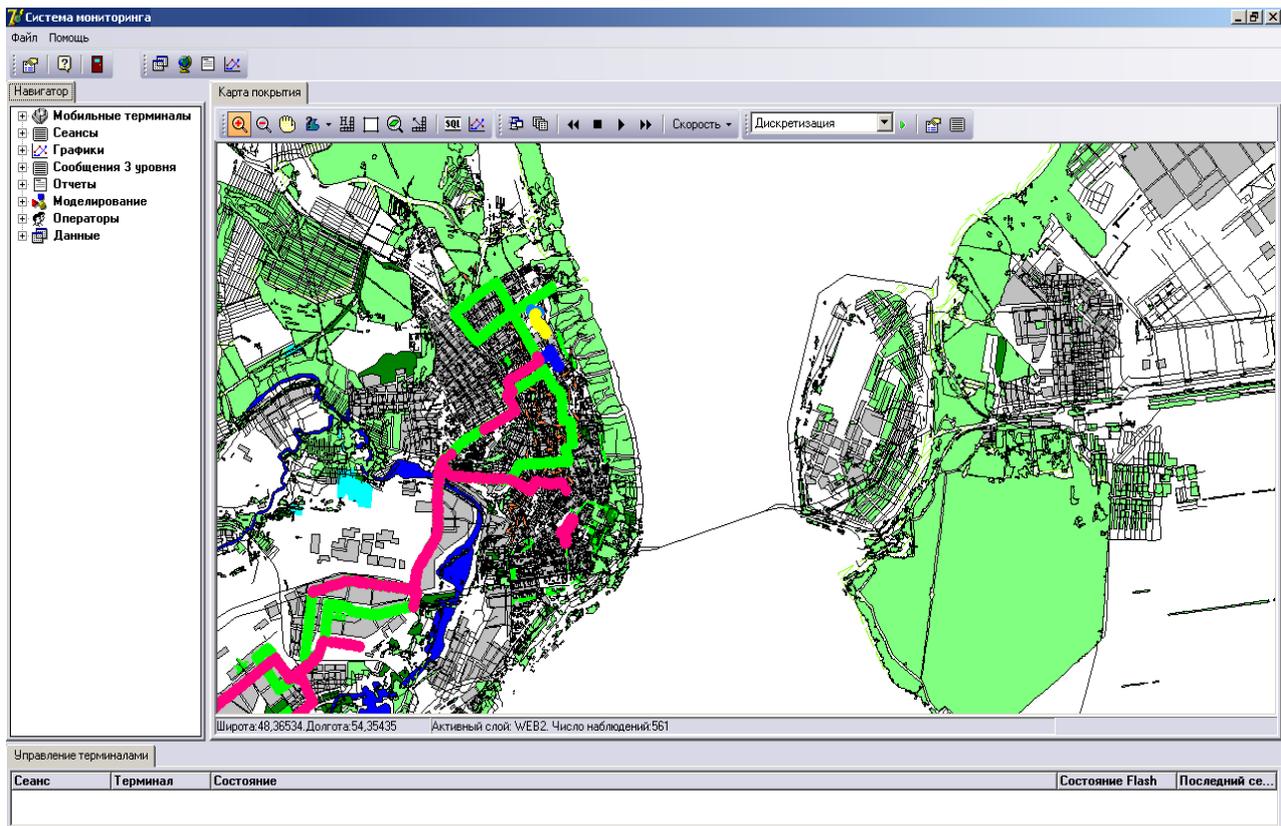


Рис. Примеры рабочих областей экрана с результатами мониторинга уровня электромагнитного поля.

Поддержано грантом РФФИ 09-07-99002-р_офи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Елягин С.В., Армер А.И. Пат. на полезную модель №73144 Российская Федерация, МПК7 Н04Q9/00. Мобильный измерительный терминал уровня электромагнитного поля. Заявитель и патентообладатель Ульян. гос. техн. ун-т. Бюл. №13, 10.05.2008.
2. Диспетчер мобильного измерительного терминала системы мониторинга уровня электромагнитного поля. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010610077. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11.01.2010.
3. Дементьев В.Е. Методика построения электронных карт электромагнитного загрязнения территории / В.Е. Дементьев, С.В. Елягин // LXIV Научная сессия, посвященная Дню радио: Труды. – М.: НТО РЭС им. А.С. Попова. – 2008. – С. 401-402.
4. Елягин С.В. Проверка адекватности измерений, получаемых с помощью мобильного измерительного терминала / С.В. Елягин, В.Е. Дементьев // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота: Математика, физика, технические науки, архитектура, строительство и методика их преподавания. – 2009. – № 6 (25). – С. 54-57.
5. Елягин С.В. Анализ плотности потока энергии (ППЭ) вблизи антенн стандарта GSM / С.В. Елягин, В.Е. Дементьев // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2009. – №3. – С. 29-33.
6. Дементьев В.Е. Мониторинг электромагнитного загрязнения города Ульяновска / В.Е. Дементьев, С.В. Елягин // Радиоэлектронная техника : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. В.А. Сергеева. – Ульяновск : УлГТУ. – 2009. – С. 165-169 .