

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ БЛОЧНОЙ КАРТЫ

Чеботарев Дмитрий Михайлович

заместитель начальника Центра (Департамента) АО «ЭКА».

E-mail: dmchebotarev@mail.ru.

Адрес: 41090, Московская область, г Королев, микрорайон Юбилейный, ул Пионерская, д 1/4.

Аннотация: Рассмотрена методика создания электронной блочной карты, используемой для оценки электромагнитной обстановки в районе обслуживания. Использование представленной методики позволяет определить оптимальный размер блока представления местности, позволяющий рассчитывать напряженность электромагнитного поля и спектральную плотность потока мощности с заданной точностью. При определении размера блока учитываются особенности района обслуживания (разнородность подстилающей поверхности). Основой для определения особенностей местности служат алгоритмы кластеризации данных (без привязки к конкретному алгоритму), с помощью которых выделяются группы типовых подстилающих поверхностей. Представленная методика учитывает, что не столько количество разнородных подстилающих поверхностей, влияет на выбор размера блока представления местности, сколько «смешанность» подстилающих поверхностей во всем районе обслуживания. Методика может быть использована для автоматической генерации электронных блочных карт.

Ключевые слова: оценка электромагнитной обстановки, распространение радиоволн, подстилающая поверхность, электронная блочная карта, кластеризация данных.

Основой электронных блочных карт является представление карты местности в виде двумерного массива блоков фиксированного размера. При этом под блоком понимаются однотипные части рельефа [2].

Основным достоинством построения расчетных моделей на основе блочного представления местности является простота его формализации. Действительно, электронная блочная карта являясь совокупностью блоков представления местности (БПМ) фиксированного размера, может быть представлена в виде матрицы размерностью $m \times n$.

$$K = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} & \dots & B_{1n} \\ B_{21} & B_{22} & \dots & B_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{m1} & B_{m2} & \dots & B_{mn} \end{pmatrix},$$

где B_{ij} – блок представления местности, имеющий набор свойств, которые необходимо учитывать при решении конкретной задачи [5]. При использовании такого подхода определение набора блоков, влияющих на проведение расчетов, а также их параметров не представляет никакой сложности.

При решении задач, связанных с оценкой электромагнитной обстановки (ЭМО) (для организации индивидуальной и групповой радиотелефонной связи) одной из наиболее сложных задач является определение электрических параметров различных видов поверхности земли. Ввиду огромного разнообразия видов подстилающих поверхностей задача учета непрерывного изменения их свойств на пути распространения радиоволн чрезвычайно сложна [1], однако успешно решается с использованием электронных блочных карт.

Использование электронных блочных карт позволяет не только учитывать постоянно изменяющиеся параметры подстилающей поверхности на пути распространения радиоволн с точностью, определяемой размером блока, но и значительно упрощает алгоритмы моделирования и оценки ЭМО.

Существенной проблемой, возникающей при создании электронных блочных карт, является то, что выбор слишком маленького размера (стремящегося к нулю) блока представления местности хотя и обеспечивает максимально возможную точность определения па-

раметров ЭМО, но влечет за собой значительное увеличение (стремящееся к бесконечности) времени проведения расчетов, объема данных, требующихся для хранения электронной карты, а также времени ее создания. В то же время выбор слишком большого размера БПМ (стремящегося к размеру рассматриваемого района обслуживания) не обеспечивает необходимой точности определения параметров ЭМО.

Точность определения параметров ЭМО (напряженности электромагнитного поля и спектральной плотности потока мощности [3]) при правильном определении параметров радиопередатчика зависит от [4]:

1) точности определения местоположения приемника и передатчика;

2) степени усреднения значений электрических параметров подстилающей поверхности каждого блока представления местности.

Причем, точность определения местоположения зависит только от размера блока, а степень усреднения значений так же зависит от однородности подстилающей поверхности.

В [4] рассмотрено определение зависимости абсолютной погрешности определения параметров ЭМО от погрешности определения местоположения приемника и передатчика.

При условном расположении рассматриваемого объекта в центре блока представления местности зависимость точности определения местоположения i -того объекта на электронной блочной карте местности от размера блока в пессимистическом случае можно представить как (рис. 1):

$$\Delta M_i = \frac{R_{[м]} \sqrt{2}}{2}.$$

Учитывая, что типовая радиотрасса состоит из одного передающего и одного приемного устройства начальная погрешность определения длины радиотрассы определяется по формуле:

$$\Delta r_{[км]} = R_{[м]} \sqrt{2} \cdot 10^{-3}.$$

Между множителем ослабления F и длиной радиотрассы r имеется прямая зависимость,

отсюда абсолютную погрешность определения множителя ослабления можно представить как:

$$\Delta F = |F(r + \Delta r) - F(r)|.$$

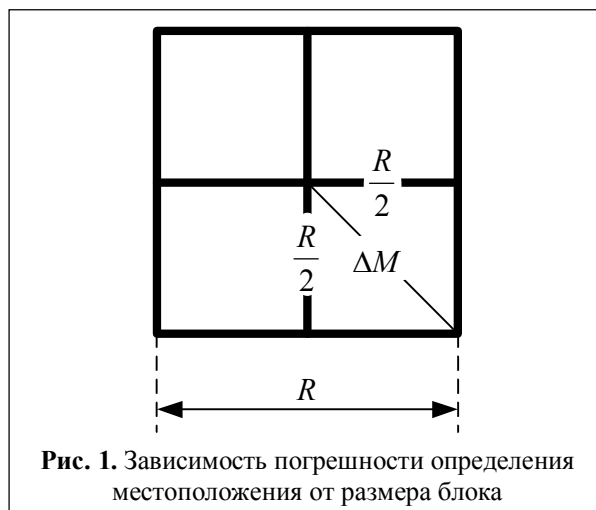


Рис. 1. Зависимость погрешности определения местоположения от размера блока

Зависимость точности определения параметров ЭМО от степени усреднения значений электрических параметров подстилающей поверхности каждого блока может быть определена путем сравнения рассчитанных на основе методики, изложенной в [5], значений параметров ЭМО с их точными значениями.

Вкратце, множитель ослабления определяется с помощью метода Милленгтона [6] при условии, что численное расстояние много больше единицы:

$$F = \sqrt{\prod_{i=1}^n (F_{i(r)})},$$

где $F_{i(r)}$ – значение множителя ослабления, определяемое для всей длины радиотрассы с параметрами i -того блока; n – количество блоков, встречающихся на пути распространения радиоволны.

При численном расстоянии, сравнимом с единицей, множитель ослабления будет определяться как:

$$F = \sqrt{\frac{\prod_{i=1}^n (F_{i(r)} F_{i(r)})}{\prod_{i,j=1}^n F_{i(r_j)}}}$$

Следует отметить, что определение множителя ослабления (для каждой подстилающей поверхности) возможно не только по методикам, описанным в [6], но также и по любой из существующих методик, например, [7...10].

Однако используемый подход не позволяет проводить автоматический выбор размера БПМ (не позволяет решить задачу оптимизации размера БПМ) и может использоваться лишь для проверки полученных значений.

Для решения задачи выбора размера БПМ в зависимости от степени усреднения электрических параметров подстилающей поверхности целесообразно проводить анализ всего района обслуживания в целом, а не рассматривать отдельные радиотрассы.

Задача выбора размера БПМ в зависимости от степени усреднения электрических параметров подстилающей поверхности в простейшем случае сводится к решению задачи определения количества разнородных поверхностей в районе обслуживания, которая может быть решена с использованием следующей последовательности действий:

1) производится разбиение района обслуживания на БПМ, размер которых позволяет определять множитель ослабления с погрешностью, не превышающей погрешность, определенную по формуле, представленной выше;

2) из каждого блока представления местности выбирается n случайных точек, на основании параметров которых (в простейшем случае – цвета) вычисляется вектор характеристик БПМ [11];

3) ввиду выбора точек каждого БПМ случайным образом необходимо провести обнаружение грубых погрешностей (технология подробно описана в [12]), «отбракованные»

блоки после проведения кластеризации можно отнести к самому большому кластеру;

4) производится кластеризация данных с использованием алгоритма FOREL [13, 14], либо любого другого алгоритма кластеризации [15];

5) определяется среднее внутрикластерное и среднее межкластерное расстояния – при удовлетворительных результатах можно считать задачу определения размера БПМ решенной, в противном случае – необходимо уменьшить размер БПМ и повторить пункты 2...5.

Особый интерес в представленной последовательности действий представляет выбор функции определения расстояния между объектами, т.к. для решения задач кластеризации различных данных предлагается использовать различные метрики. Однако, при решении задачи определения расстояния на основе одного числа (цвета в ARGB) хорошие результаты показывает функция определения евклидова расстояния:

$$\rho(x, x') = \sqrt{\sum_i^n (x_i - x'_i)^2}$$

Создаваемые с использованием указанной технологии электронные блочные карты могут быть использованы не только для моделирования и оценки электромагнитной обстановки, но также для моделирования распространения чрезвычайных ситуаций (лесных пожаров, наводнений, зон радиоактивного заражения и проч.) и для любых других ситуаций, в которых необходима максимально быстрая и точная оценка обстановки, основанная на картографических данных.

Использование предлагаемого подхода позволяет не только определить максимально допустимый размер БПМ, который можно использовать при решении задач оценки электромагнитной обстановки, но и создать технологию автоматической генерации блочных карт, которые можно использовать при проведении тренировок и в учебном процессе без привязки к реальной местности.

Литература

1. Чеботарев Д.М., Бендруп И.К., Чеботарев А.М. Модель для оценки параметрической защищенности радиоэлектронных средств, основанная на использовании блочного представления местности / Стратегическая стабильность №3, 2007 г.

2. Todd Barron, Strategy Game Programming with DirectX 9, Wordware Publishing, Inc., 2003, 538 p.

3. Приказ «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ "ПОЛОЖЕНИЯ О ПОРЯДКЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО НАДЗОРА ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОЧАСТОТ, РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ (РЭС) И ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УСТРОЙСТВ (ВЧ УСТРОЙСТВ)» Государственного Комитета РФ по связи и информатизации (Главного Управления государственного надзора за связью в РФ) от 3 июля 1998 г. № 48

4. Чеботарев Д.М. Саликов А.Г. Определение зависимости погрешности оценки параметров электромагнитной обстановки, с использованием электронной блочной карты, от размера блока представления местности. Новые информационные технологии в системах связи и управления. Труды VII Российской научно-технической конференции. – Калуга, 2008.

5. Чеботарев Д.М., Саликов А.Г., Парамонов Г.Б. Математическая модель процесса определения множителя ослабления на назначенных частотах

метрового диапазона на основе блочного представления местности. 63-я научная сессия, посвященная дню радио – РНТОРЭС им. А.С. Попова, Москва, 2008

6. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. Учебник для вузов. – М.: «Связь», 1972 – 336 с.

7. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн- Москва: Высшая школа, 1975. - С. 280.

8. Фейнберг Е. Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. Изд-во АН СССР, 1961.

9. Кашпровский В.Е., Кузубов Ф.А. Распространение средних радиоволн земным лучом. "Связь", 1971.

10. Чернов Л.А. Распространение волн в среде со случайными неоднородностями, М., 1958

11. Котов А., Красильников Н. Кластеризация данных. 2006.

12. Маркин Н.С. Основы теории обработки результатов измерений/ М.: Изд-во стандартов 1991 г. 173 с.

13. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999.

14. Загоруйко Н.Г., Ёлкина В.Н., Лбов Г.С. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей. Новосибирск: Наука, 1985

15. Воронцов К.В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования. Курс лекций. МГУ, 2007.

Поступила 14 июня 2016 г.

English

Using data clustering algorithms for developing electronic block map

Dmitry Mikhailovich Chebotarev – Deputy Head of the Centre (the Department) of "EKA".

E-mail: dmchebotarev@mail.ru.

Address: 41090, Moscow region, Korolev, Jubilee micro-district, street Pioneer, 1/4.

Abstract: The electronic block map is the type of terrain electronic representation based on specialized geo-information layout usage the main feature of which is terrain map representation as two-dimensional array of elementary surfaces (blocks) of fixed size with the set properties. One of the requirements for accurate functioning system to estimate electromagnetic parameters of the environment implemented by using the electronic block map is the right choice of the size of the terrain representation block. The article examines the development method of the electronic block map that is used to estimate electromagnetic environment in the operating area. Using the described method enables to define the optimum size of the terrain representation block aiding to calculate electromagnetic field strength and power flow spectral density to the specified accuracy. The operating area features (the underlying surface diversity) are considered when defining the block size. Clustering data algorithms (without reference to the particular algorithm) by means of which groups of the standard underlying surfaces are singled out are the basis for defining terrain features. The proposed method considers that choosing the block size for representing the terrain is not so much affected by the number of underlying surface diversity representation as by the underlying surface combination of the whole operating area. The electronic block maps made with use of the specified technology can be applied not only for modeling and estimating electromagnetic environment, but also for modeling of outspreading emergency situations (forest fires, floods, radioactive contamination zones and so forth) and for any other situations in which the fastest and precise situation estimate is needed based on map data.

Key words: electromagnetic environment estimate, radio wave propagation, underlying surface, electronic block map, a clustering of data.

References

1. Chebotaryov D. M., Bendrup I.K., Chebotaryov A.M. The evaluation model for radio-electronic equipment parametric immunity using of block terrain representation. Journal Strategicheskaya stabilnost No. 3, 2007.
2. Todd Barron, Strategy Game Programming with DirectX 9, Wordware Publishing, Inc., 2003, 538 p.
3. The Order ON REGULATIONS OF THE STATE SUPERVISION OF RADIO FREQUENCIES USE , RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT (REE) AND HIGH-FREQUENCY DEVICES (HF DEVICES) of the RF State Committee on communication and information technology (Headquarters of the state supervision of communication in the Russian Federation) dt. July 3, 1998 No. 48.
4. Chebotaryov D. M. Salikov A.G. Defining dependence of estimate error parameters of electromagnetic environment on the terrain representation block size using the electronic block map. New information technologies in control and communication systems. Works of the VII Russian scientific and technical conference. - Kaluga, 2008.
5. Chebotaryov D. M., Salikov A.G., Paramonov G. B. A mathematical model of defining process for propagation factor at VHF band assigned frequencies based on terrain block representation. the 63rd scientific session dedicated to Radio Mondiale - RNTORES after A.S. Popov, Moscow, 2008,
6. Dolukhanov M.P. Radio wave propagation. The textbook for higher education institutions. - M.: Svyaz, 1972- 336 p.
7. Grudinskaya G. P. Radio wave propagation - Moscow: Vysshaya shkola, 1975 – p. 280
8. Feynberg E. L. Ground radio wave propagation. Publ. by Academy of Sciences of the USSR, 1961.
9. Kashprovsky V. E. and Kuzubov F. A. Distribution of medium radio waves via surface ray. Svyaz,1971.
10. Chernov L. A., Wave propogation in random inhomogeneous medium, M., 1958
11. Kotov A., Krasilnikov of N. Data clastering. 2006.
12. Theory fundamentals of measurement data processing, N. S. Markin of 173 p., M Izd-vo standartov, 1991.
13. Zagoruyko N. G. Applied methods of data and knowledge analysis. Novosibirsk: IM SB RAS, 1999.
14. Zagoruyko N. G., Yolkina V. N., Lbov G. S. Detection algorithms of empirical regularities. Novosibirsk: Nauka, 1985
15. Vorontsov K.V. Clustering and multidimensional scaling algorithms. Lecture Course. MSU, 2007.