УДК 621.396.96

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ТЕКСТУРНЫХ АЭРОФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В. И. Костылев, Т. Ю. Коржик

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 17.11.2008 г.

Аннотация. Данная статья посвящена проблеме классификации текстурных аэрофотоизображений земной поверхности. Рассматривается система признаков, адаптивных к яркости изображения и описывается методика и результаты проведенного эксперимента по распознаванию текстурных изображений.

Ключевые слова: текстурные изображения, параметризация, система признаков, функция яркости.

Abstract. This article is about the classification of the textural aerophotographies of the earth surface. The system of features adaptive to the brightness of the image, and the results of the performed experiment on recognition of the textural images are examined.

Keywords: textural images, parameterization, system of features, brightness function.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка эффективных автоматизированных систем обработки изображений приобретает в настоящее время всё большее значение во многих областях деятельности человека. Изображение как форма наиболее полного представления информации является объектом исследования или его результатом в астрономии и космонавтике, медицине и биологии, физике, геологии, дефектоскопии и криминалистике. При этом изображения формируют не только в диапазоне электромагнитного излучения, соответствующего видимому свету, но и в акустическом, инфракрасном, ультрафиолетовом, ультразвуковом и рентгеновском диапазонах. Средства формирования и регистрации изображений отличаются большим разнообразием: телевизионные и фотографические системы, оптико-механические и оптико-электронные сканеры, радиолокационные и лазерные устройства.

В последнее время понятие текстуры используется в различных областях науки и техники, таких, например, как материаловедение, контроль качества промышленной продукции и изучение медико-биологических объектов, анализ микрофотографий и фотоизображений земных покровов, полученных с высотных летательных аппаратов и спутников. Это объясняется тем, что поверхности многих реальных объектов являются текстурными и, при условии их однородности, могут быть описаны сравнительно небольшим числом параметров.

Современное состояние проблемы анализа и синтеза текстур характеризуется многообразием предложенных методов, что объясняется как широким диапазоном рассматриваемых текстурных объектов, так и различным характером решаемых задач.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Наиболее важным этапом анализа любого сложноструктурного изображения является переход из пространства координат анализируемого изображения в пространство признаков, т.е. параметризация анализируемого фрагмента.

Применение теории функционалов на двумерном случайном поле позволяет сформировать в реальном времени весьма информативные текстурные признаки. Целью данной работы являлось исследование эффективности системы признаков-функционалов при анализе цветных аэрофотоизображений земной поверхности.

$$E(z) = \sum_{n=1}^{N_n} \sum_{m=1}^{N_m} \left[Y_{m,n} = Y_{m-z,n} \right];$$

$$N(k) = \sum_{n=1}^{N_n} \sum_{m=1}^{N_m} \left[Y_{m,n} = k(B_I) \right];$$

$$S(k) = \sum_{n=1}^{N_n} \sum_{m=1}^{N_m} \left[Y_{m,n} \geq k(B_I) \right],$$

где $Y_{m,n}$ — оцифрованный на $N_n * N_m$ элементов сигнал одного из каналов многозональной сис-

© Костылев В. И., Коржик Т. Ю., 2009

темы формирования изображения; $k(B_1)$ — плавающий опорный уровень, определяемый текущей интегральной интенсивностью B_1 изображения или его фрагмента при сегментации скользящим окном. Первый признак $E(z)$ представляет собой количество локальных экстремумов функций яркости в цветовых каналах. Он вычисляется путем подсчета числа пересечений функции яркости $Y_{m,n}$ и сдвинутого на величину z значения этой же функции (z-параметр сглаживания, изменяя который мы можем избавиться от мелких неинформативных деталей текстуры, т.е. пространственных шумов).

Второй признак $N(k)$ вычисляется путем подсчета числа пересечений функции яркости с опорным уровнем k.

Третий признак $S(k)$ представляет собой ширину выбросов функции яркости за опорный уровень.

Экспериментальные исследования предложенной системы признаков проводились на аэрофотоснимках земной поверхности масштаба 1:18700.

Объектом исследований являлись шесть классов текстурных образований, соответствующих различным типам лесных поверхностей на аэрофотоснимках (рис. 1):

К1 – лес хвойный (сосна);

К2 – редколесье сосны;

К3 – лиственный лес (осина, береза);

К4 – смешанный лес (насаждения сосны и березы возрастом ~100 лет);

К5 – лесные посадки сосны;

К6 – молодняк осины и березы.

Таким образом, объектом исследования являлись однотипные по своей природе поверхности.

Для проверки эффективности данной системы признаков была сформирована обучающая выборка, содержащая 600 изображений, по 100 изображений для каждого текстурного класса К1 – К6. Для каждого элемента обучающей выборки были рассчитаны признаки: число экстремумов $E(z)$, при фиксированном параметре сглаживания z; $N(k)$ – число пересечений функции яркости с некоторым плавающим опорным уровнем k; и $S(k)$ – ширина выбросов функции яркости за опорный уровень. Необходимо отметить следующее:

— для лучшего разделения параметр сглаживания необходимо взять порядка половины линейного размера одного текстэла;

— т.к изображения для обучающей выборки выбирались различной яркости, то опорный уровень целесообразно сделать зависимым от интегральной яркости изображения.

Исследования показали, что наилучшее разделение наблюдается в том случае, если признаки рассчитывать для матриц зеленого канала для всех изображений.

На рис. 2 показано представление обучающей выборки в пространстве текстурных признаков $E(z)$, $N(k)$, $S(k)$ для матриц зеленого канала. Каждая точка на рисунке соответствует одному изображению.

На основании измеренных статистических данных о признаках классов К1—К6 был проведен эксперимент по распознаванию текстур-

Рис. 1. Различные типы текстуры леса

Рис. 2. Представление обучающей выборки в пространстве признаков $E(z)$, $N(k)$, $S(k)$ для зеленого цветового канала.

ных фрагментов из контрольной выборки, содержащей 300 изображений.

Для каждого элемента контрольной выборки были рассчитаны признаки $E(z)$, $N(k)$, $S(k)$, после чего изображение было классифицировано как принадлежащее одному из текстурных классов К1—К6 согласно некоторому решающему правилу.

В качестве решающего были опробованы два правила:

1. Принятие решения о классификации по минимуму расстояний. Для каждого текстурного класса из обучающей выборки в пространстве признаков была определена «средняя» точка, координаты которой являются средним арифметическим соответствующих признаков всех изображений данного класса. Для каждого изображения из контрольной выборки рассчитывались расстояния между «средними» точками всех классов К1—К6 и точкой, соответствующей этому изображению в пространстве признаков. Решение о классификации принималось по минимуму этих расстояний.

2. Принятие решения о классификации по минимуму взвешенных расстояний. Формализованную процедуру принятия решения можно описать следующим образом. Пусть p — величина признака некоторого подлежащего классификации изображения, а m_i и σ_i соответственно среднее значение и среднеквадратичное отклонение от среднего значения для i-го класса текстур, полученные по обучающей выборке. Тогда взвешенное расстояние от точки p, соответствующей признаку подлежащего классификации фрагмента изображения, до точки, соответствующей среднему значению признаков i-го класса, будет определяться выражением

$$\alpha_i = \frac{|p - m_i|}{\sigma_i}.$$

Такая процедура принятия решения учитывает разброс значений признаков внутри класса. Например, в одномерном случае при $p - m_i = p - m_j$, но при $\sigma_i > \sigma_j$ точка p будет присвоена классу i, так как дисперсия признаков i-го класса больше. В многомерном случае решение принимается аналогично – по минимуму взвешенных расстояний.

Анализ полученных результатов эксперимента показал следующее:

1. Вероятность правильного распознавания с использованием первого решающего правила составляет порядка 57 % (таблица 1).

2. Вероятность правильного распознавания с использованием решающего правила о принятии решения по минимуму взвешенных расстояний равна 86 % (таблица 2).

Таблица 1

Результаты классификации обучающей выборки с использованием первого решающего правила

Система признаков: *E(8) ,N(Yср), S(Yср)*						
Классы	присвоенные классы					
	К1	К2	К3	К4	К5	К6
К1	34	0	0	7	0	10
К2	0	32	0	0	16	1
К3	13	0	33	5	0	0
К4	12	0	17	15	0	5
К5	0	24	0	0	27	0
К6	7	0	0	0	12	30
Ntr=171 Nfal=129 P=0.57						

Таблица 2

Результаты классификации обучающей выборки с использованием второго решающего правила. Yср – значение средней яркости исследуемого изображения.

Система признаков: *E(8) ,N(Yср), S(Yср)*						
Классы	присвоенные классы					
	К1	К2	К3	К4	К5	К6
К1	44	0	1	6	0	0
К2	2	43	0	0	3	1
К3	0	0	47	0	0	3
К4	16	0	1	31	0	1
К5	0	3	0	0	48	0
К6	2	0	0	0	3	45
Ntr=258 Nfal=42 P=0.86						

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенной исследовательской работы можно подвести следующие итоги:

1. Разработана система текстурных признаков, адаптивных к яркости анализируемого изображения.

2. Экспериментально исследованы возможности распознавания текстурных образований на аэрофотоснимках в предложенном пространстве текстурных признаков. Показано, что исследуемые текстурные классы, представляющие собой различные виды лесной поверхности

и являющиеся достаточно близкими друг к другу типами текстуры как по происхождению, так и по внешнему виду, образуют в пространстве признаков компактные кластеры.

3. Проведен эксперимент по распознаванию шести классов текстур. Показана возможность эффективного распознавания в трехмерном пространстве признаков. В качестве решающего правила при принятии решения о классификации исследуемого изображения было использовано простое правило, и полученное достаточно высокое значение вероятности правильного распознавания 86% свидетельствует о высокой эффективности предложенной системы признаков.

4. Простота возможной технической реализации, высокая оперативность формирования признаков и достаточно высокая эффективность анализа текстурных изображений подтверждают эффективность применения исследованного метода формирования текстурных признаков в СТЗ для динамических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Haralick R.M.* Textural Features for Image classification/ R. M. Haralick, K. Shanmugan, I. Dinstein // IEEE Trans. – 1973. — Vol. SMC-3. — № 6. — P. 610—621.

2. *Rosenfeld A.* Image analysis: problems, progress and prospects / Pattern Recogn. – 1984. — Vol. 17. — № 1. – P. 3—12.

3. *Коржик Ю.В.* Эксперименты по параметризации текстурных изображений. / Ю. В. Коржик, В. И. Костылев // Известия ВУЗов. Радиоэлектроника. — 1997. – Т. 40, № 11. — С. 72—76.

4. *Коржик Ю.В.* Анализатор текстурных изображений / Ю. В. Коржик, В. И. Костылев // РАН. Приборы и техника эксперимента. — 1998. — № 2. — С. 43—47.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Фрагмент программы для расчета текстурных признаков.

```
for i=1:100;
    R=HV{1,i}(:,:,2);
    E_hvoin_g(i)=0;
       for n=1+z:300;
        for m=1:300;
            if R(n,m)==R(n-z,m)
                E_hvoin_g(i)=E_hvoin_g(i)+1;
            end;
        end;
    end;
end;
for i=1:100;
    R=HV{1,i}(:,:,2);
    N_hvoin_g(i)=0;
    S=0;d=0;
    R=double(R);
for n=1:300
    for m=1:300
     S=S+R(n,m);
     d=d+1;
           end;
        end;
Y=S/d;
Y1=Y+h;
     for n=1:300;
        for m=1:300;
            if  abs(R(n,m)-Y1)<0.5
                N_hvoin_g(i)=N_hvoin_g(i)+1;
            end;
        end;
    end;
end;
for i=1:100;
    R=HV{1,i}(:,:,2);
    S_hvoin_g(i)=0;
    S=0;d=0;
    R=double(R);
for n=1:300
    for m=1:300
     S=S+R(n,m);
     d=d+1;
           end;
        end;
Y=S/d;
Y1=Y+h1;
     for n=1:300;
        for m=1:300;
            if  R(n,m)>(Y1-1)
                S_hvoin_g(i)=S_hvoin_g(i)+1;
            end;
        end;
    end;
end;
figure,plot3(E_listv_g,N_listv_g,S_listv_
g,'bo');
grid on;
hold on;
plot3(E_hvoin_g,N_hvoin_g,S_hvoin_g,'rx');
hold on;
plot3(E_molodn_g,N_molodn_g,S_molodn_g,'k*');
hold on;
plot3(E_posadki_g,N_posadki_g,S_posadki_
g,'m<');
hold on;
plot3(E_redkoles_g,N_redkoles_g,S_redkoles_
g,'g>');
hold on;
plot3(E_smesh_g,N_smesh_g,S_smesh_g,'cd');
hold on;
```

Костылев В.И. – доктор ф.-м. наук, профессор Воронежского уосударственного университета. Тел.: 788181.

Коржик Т.Ю. – студент физического факультета Воронежского государственного университета.. Тел.: 497106., e-mail: chi-za@yandex.ru.

Kostylev V.I. – professor, Voronezh State University.. Tel.: 788181.

Korzhik T.Yu. – student, Voronezh State University. Tel.: 497106. E-mail: chi-za@yandex.ru