

ПО IDIMA — НЕАДАПТИВНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПО ДАННЫМ ДЗЗ

Э.Я. Островский (Target Strike, Inc., США)

Окончил геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «геофизические методы поисков полезных ископаемых». Доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР, специалист в области аэрогеофизических исследований. В настоящее время — вице-президент компании Target Strike, Inc., консультант по науке ООО «ФОРЕС».

С.В. Румянцев («ФОРЕС»)

Окончил физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «теоретическая физика». Кандидат физико-математических наук, специалист в области компьютерных технологий. В настоящее время — ведущий специалист ООО «ФОРЕС».

В.А. Фадеев («ФОРЕС»)

Окончил факультет электроники Военной инженерной академии им. Ф.Э. Дзержинского по специальности «военный инженер-математик». Специалист в области геоинформационных технологий. В настоящее время — руководитель ООО «ФОРЕС».

В настоящее время наиболее распространенными и традиционно используемыми методами анализа материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) являются автоматизированные классификации изображений, основанные на алгоритмах кластеризации или нейросетевого анализа. Как правило, эти алгоритмы относятся к типу попиксельных классификаций и применяются в качестве источника данных яркостных характеристик пикселей в различных спектральных диапазонах.

Эти алгоритмы в том или ином виде реализованы практически во всех программах, предназначенных для обработки материалов аэрокосмической съемки, в частности, таких как ENVI, ERDAS Imagine, ScanEx Image Processor и т. п.

Алгоритмы попиксельной классификации позволяют решать достаточно большое количество задач в области анализа изображений и тематического дешифрирования данных ДЗЗ.

Однако к их недостаткам можно отнести то, что в качестве единицы классификации они используют отдельные пиксели, как правило, без учета особенностей локальной текстуры изображения. То есть указанные методы не являются объектно-ориентированными.

Объектно-ориентированные методы классификаций, в частности, сегментация изображений, также реализованы во всех программах обработки данных ДЗЗ. Они могут учитывать геометрические характеристики выделяемых объектов и работают с некоторой областью изображения, а не с отдельным пикселем. Однако настройка параметров таких классификаций и построение «решающих правил» обычно весьма сложны и могут быть выполнены только специалистами высокой квалификации.

Методы текстурного анализа также имеются во многих программах, но позволяют рассчитывать весьма ограниченное количество текстурных характе-

ристик и играют, как правило, вспомогательную роль, позволяя создавать промежуточные растровые слои, которые могут быть использованы для дальнейшего анализа другими алгоритмами.

Все традиционные методы и алгоритмы классификации по своей природе адаптивны (адаптивная система — самоприспосабливающаяся система. — *Прим. ред.*), используют принцип «видеть желаемое» и нуждаются в активном участии высококвалифицированных специалистов.

▼ Новизна метода

В программе IDIMA (IDentification of IMAgEs), разработанной ООО «ФОРЕС» при содействии компании Target Strike, Inc. (США), реализован алгоритм неадаптивной классификации объектов изображения. В его основе лежит феномен спонтанного самосогласования объектов превращенного в хаос однородностей изображения в уникальную и непроти-

воречивую, консистентную структуру — CS-структуру. Этот феномен открыт Э.Я. Островским и запатентован компанией Target Strike (патент 5.970.421 от 19.10.1999 г.).

Сущность метода заключается в том, что классификация создается на основе самоорганизации объектов произвольного изображения (матрицы данных) в устойчивые однородности, взаимосогласованные в структуре **единого целого** — скрытом, непредсказуемом **источнике новизны**.

Рассмотрим алгоритм работы программы IDIMA, приведенный в виде отдельных блоков на рис. 1. Исходными данными являются подготовленные исполнителем цифровые матрицы (блок 1), которые вводятся в программу и автоматически обрабатываются в блоках 2–5, где происходит:

- преобразование цифровых матриц к формату входных данных комплекса (блок 2);

- применение к входным матрицам функциональных преобразований (градиент, энтропия, лапласиан и т. п.) общим числом до 24, чтобы получить достаточно полное описание, в виде набора преобразованных цифровых матриц (блок 3);

- преобразование полученных в блоке 3 матриц в двоичные фильтры, разделяющие множество точек входной мат-

рицы на равномошные, однородные подмножества (блок 4);

- создание полной классификации точек матрицы по совокупности используемых признаков на основе двоичных фильтров, которые служат базисом для получения множества неупорядоченных элементарных структур $N = 3^n - 1$, где n — число базовых преобразований (блок 5).

В блоке 6 реализован алгоритм отбора и сортировки неупорядоченных элементарных структур для их реорганизации в последовательности устойчивых кластеров, которые анализируются в блоке 7 для отбора не пересекающихся последовательностей — оппозитов. Созданная CS-структура отображается на экране компьютера.

Блок 8 позволяет пользователю программы задавать анализируемые объекты как множества точек на исходной матрице, а блок 9 — анализировать сходство элементарных структур, сформированных в блоке 5, с заданным объектом, и выделять структуры с максимальной мерой сходства к этому объекту.

В результате обработки и анализа данных по описанному выше алгоритму (рис. 1) получается структура взаимосогласованных устойчивых однородностей (CS-структура), каждая из которых содержит последовательность кластеров.

В CS-структуре **представлены внутренние «глубинные» взаимосвязи** объектов наблюдаемой матрицы. При желании ее можно изобразить в трехмерном виде.

Программа IDIMA реализует указанный выше алгоритм анализа изображений и обладает простым пользовательским интерфейсом. Настройка алгоритма не требует ввода большого количества параметров. Все это чрезвычайно облегчает работу.

ПО IDIMA также решает задачи текстурного анализа и объектно-ориентированного метода классификации изображений как в оптическом, так и в радиолокационном диапазоне.

Например, при прогнозировании на CS-структуре отображаются все однородности, входящие в объект, заданный пользователем в качестве «цели». Точность задания объекта и нанесение его границ зависят от пользователя.

Кроме того, расчет текстурных характеристик, в отличие от методов текстурного анализа, дает возможность реализовать комплексную обработку изображения с использованием большого числа параметров и с возможностью выбора наиболее информативных характеристик на основе простого визуального анализа набора создаваемых слоев.

Программа IDIMA позволяет решать следующие основные задачи:

- автоматически создавать неадаптивную классификацию (CS-структуру) объектов цифрового изображения;

- анализировать, сравнивать и выделять на CS-структуре («классификаторе») области, однородные по своим свойствам с областями, содержащими заданный объект (цель);

- создавать тематические слои и экспортировать их в распространенные графические форматы.

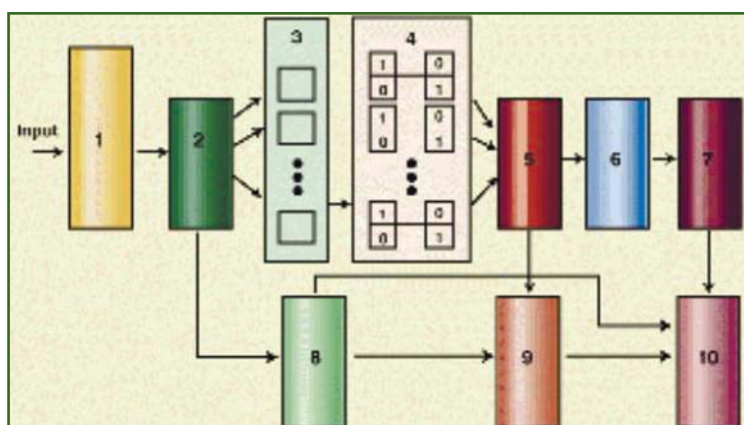


Рис. 1
Блок-схема алгоритма

В ПО IDIMA возможно дешифрирование следующих космических снимков: мультиспектральных — среднего (10–30 м), высокого и сверхвысокого (<1 м) разрешения, радиолокационных и панхроматических — среднего и высокого разрешения, а также аэрофотоснимков сверхвысокого разрешения (<50 см).

▼ Состав программы

Программа включает три модуля и базу данных.

Модуль препроцессинга данных позволяет выполнить импорт исходного изображения во внутренний формат программы и подготовить его к расчету.

В этом модуле оператор создает проект путем задания исходного изображения и обязан:

- выбрать размер «скользящего окна»;
- определить количество обрабатываемых каналов изображения;
- указать базовые преобразования (параметры изображения).

Дополнительно оператору предоставляется возможность установить систему координат и проекцию изображения, а также замаскировать области, которые не будут участвовать в расчетах.

Модуль расчета и обработки параметров изображения обеспечивает создание комплексной структуры («классификатора») изображения.

В этом модуле расчеты выполняются автоматически (оператор не участвует).

Модуль детектирования осуществляет процедуры прогноза.

Оператору предоставляются следующие функциональные возможности:

- задание целей в виде точки, площади, полилинии;
- создание тематических групп целей, в которых определены несколько целей;

— выбор алгоритма разделительного потенциала Дирака-Кона (таблица классификации однородностей, входящих в цель) или алгоритма «сходства»;

— выполнение прогноза по одной цели или группе целей;

— экспорт тематических слоев в распространенные графические форматы.

База данных предназначена для ведения «истории» выполненных проектов и накопления статистики.

Программное обеспечение IDIMA развивается и дополняется новыми функциями, повышающими эффективность анализа изображений и облегчающими работу оператора.

При творческом подходе к работе в ПО IDIMA пользователь получает мощный инструмент моделирования различных ситуаций, используя наборы пространственных данных на выбранную территорию (данные ДЗЗ, метеоданные, измерения датчиков, таблицы и т. п.).

▼ Возможности и преимущества программы

К достоинствам программы IDIMA можно отнести следующие:

1. Автоматическое создание объективной (неадаптивной)

классификации объектов цифрового изображения путем комплексного (одновременного) расчета множества параметров и выбора среди них наиболее информативных.

2. Обработка одноканальных (панхроматических) и радиолокационных изображений (РЛИ).

Рассмотрим эти возможности на примерах, представленных ниже.

Необходимо определить границы площади затопления при паводке на реке Медведица. Для обработки выбрали фрагмент панхроматического изображения с космического аппарата (КА) EROS-A размером 2706x1820 пикселей, с разрешением 1,9 м (рис. 2, source).

Как видно на исходном снимке (source) область затопления неоднородна, она состоит из участков относительно чистой и замутненной воды. Учитывая, что в качестве источника данных выбран панхроматический снимок, решить задачу традиционными методами достаточно сложно, так как диапазоны яркостей, соответствующие водной поверхности, пересекаются с таковыми для других объектов — полей, территорий населенных пунктов, дорог и т. п.

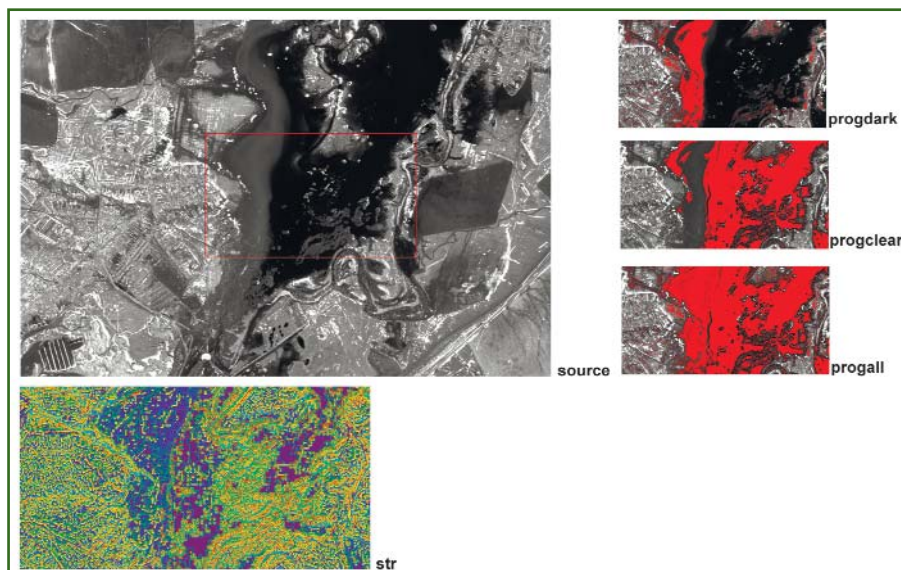


Рис. 2

Определение границ и площадей зон затопления при паводке на реке Медведица

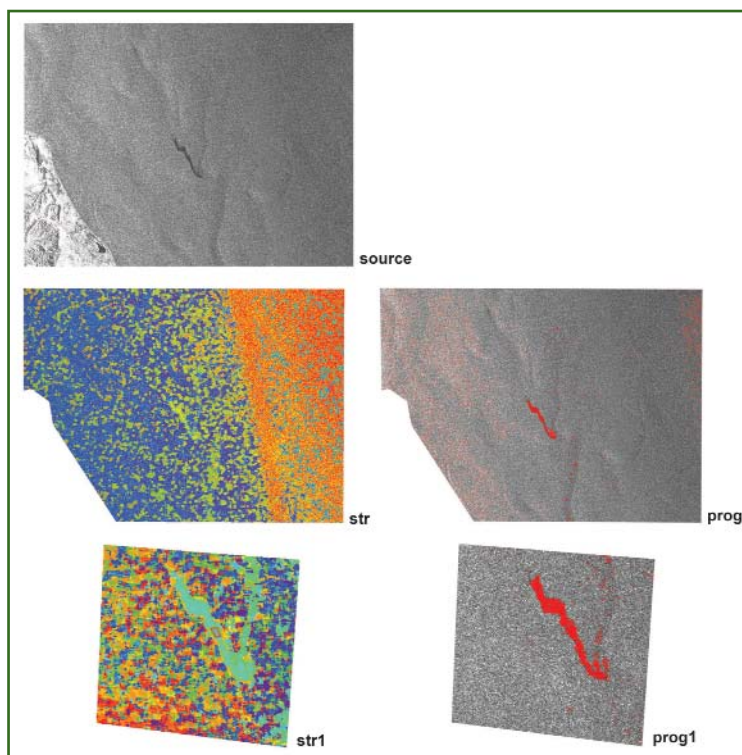


Рис. 3
 Определение площади нефтяного пятна по радиолокационному изображению с КА ENVISAT-1

Используя модуль расчета и обработки изображения, была получена комплексная структура (str), которая позволила выделить границы (обозначены красным цветом) как отдельных частей (progdark и progclear), так и суммарной площади затопления (progall).

Приведем два примера, иллюстрирующих возможность эффективного решения другой достаточно сложной задачи — автоматизированного анализа радиолокационных изображений. Модули обработки РЛИ существуют в большинстве программ, предназначенных для обработки данных ДДЗ. Однако полученные результаты показывают, что средствами ПО IDIMA задача тематического анализа РЛИ решается весьма просто и эффективно.

На рис. 3 показан пример обработки фрагмента радиолокационного изображения размером 1907x1407 пикселей (source). Полученная комплекс-

ная структура (str) позволила выделить нефтяной разлив на поверхности моря (prog), а по уточненной локальной структуре (str1) четко определены его границы и площадь (prog1).

На рис. 4 представлена возможность определения зон затопления во время паводков по фрагменту радиолокационного изображения с КА RADARSAT-1 размером 931x1160 пикселей (source). По структуре изображения (str) построены зоны затопления (prog). Особо стоит заметить, что в рассматриваемых примерах все цели наносились оператором на исходных (привычных для глаза) снимках, а прогноз осуществлялся по полученным CS-структурам автоматически.

3. Эффективная обработка данных различных графических форматов — TIFF, JPEG, BMP, PNG, GIF.

4. Автоматическая обработка файлов в формате GeoTiff, а также привязка изображения по

опорным точкам и с помощью файлов TAB.

5. Создание множества тематических слоев по одной комплексной структуре.

6. Создание в рамках одного проекта множества структур для формирования комплексных тематических карт.

При комплексной обработке изображения и формировании тематических слоев в одном проекте целесообразно создавать структуры с разным набором параметров, предназначенные для прогноза (выделения) искомых объектов. Используя такой набор структур в рамках одного проекта, пользователь может не только выделять множество разнородных объектов,

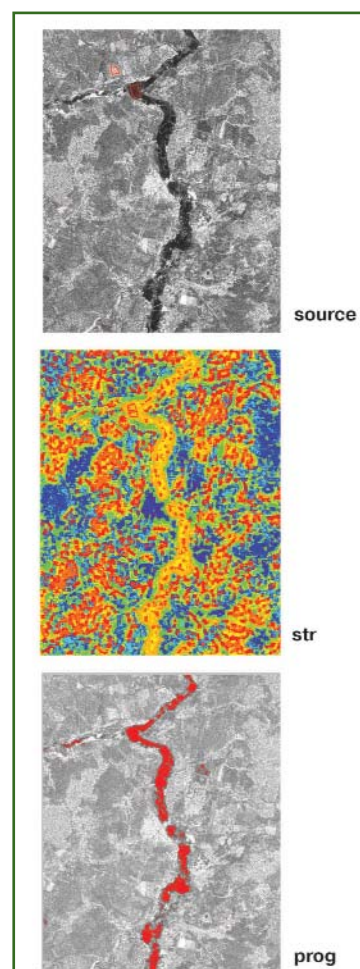


Рис. 4
 Определение зон подтопления по радиолокационному изображению с КА RADARSAT-1

но и осуществлять построение сложных тематических карт, вплоть до создания полного тематического покрытия исследуемой территории.

На рис. 5 показана возможность прогноза положения озер (lakes3-5) на изображении с КА Landsat-7 (каналы 3,5) размером 8661x7821 пикселей по структуре (str — параметр «скользящее окно», 7x7 пикселей) и инфраструктуры нефтяного месторождения (truba3,5) по структуре (str_truba3,5 — параметр «скользящее окно», 3x3 пикселя).

7. Задание целей для выполнения процедуры прогноза на исходном снимке (или на структуре) в виде точки, площади, полилинии или путем ввода координат.

Ниже приведен пример прогноза лесных вырубок по панхроматическому снимку с КА SPOT-5 размером 24 000x24 000 пикселей (рис. 6а, source). На водную часть уменьшенного в три раза изображения снимка размером 8000x8000 пикселей (рис. 6б, source) была нанесена маска и получена структура (str), по которой прогнозировались лесные вырубки (обозначены красным цветом) в разные годы — prog, prog1 и prog2 (рис. 6а). Композит из трех слоев приведен на рис. 6а (progall). Таким образом, ПО IDIMA может использовать метод «ступенчатой» классификации, позволяющий последовательно уточнять результат классификации за счет применения масок объектов.

8. Одновременная обработка нескольких разновременных снимков (интерпретация результатов мониторинга).

9. Комплексная обработка пространственных данных (баз данных).

10. Возможность «пакетной» (единовременной для целого массива снимков) обработки, получения единой комплексной структуры и создания темати-

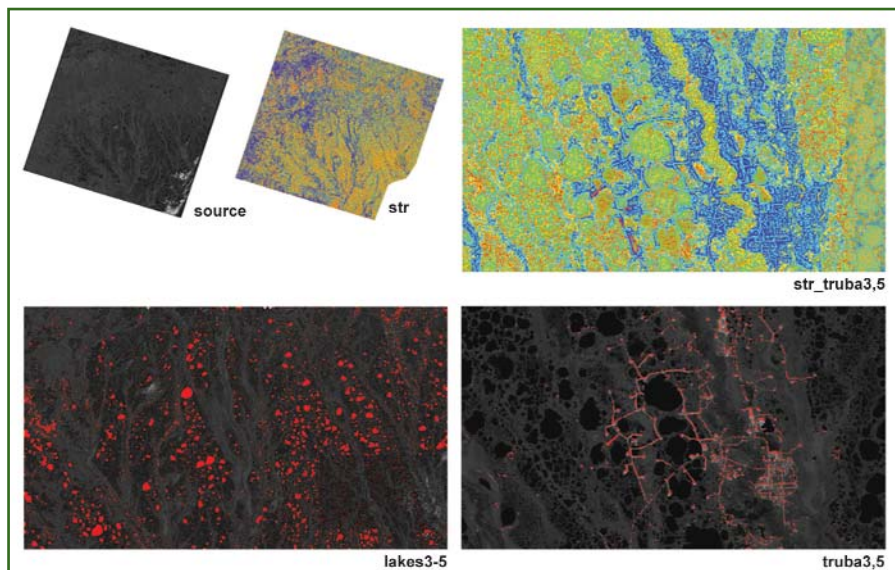


Рис. 5

Прогноз (детектирование) озер и инфраструктуры нефтяного месторождения по изображению с КА Landsat-7

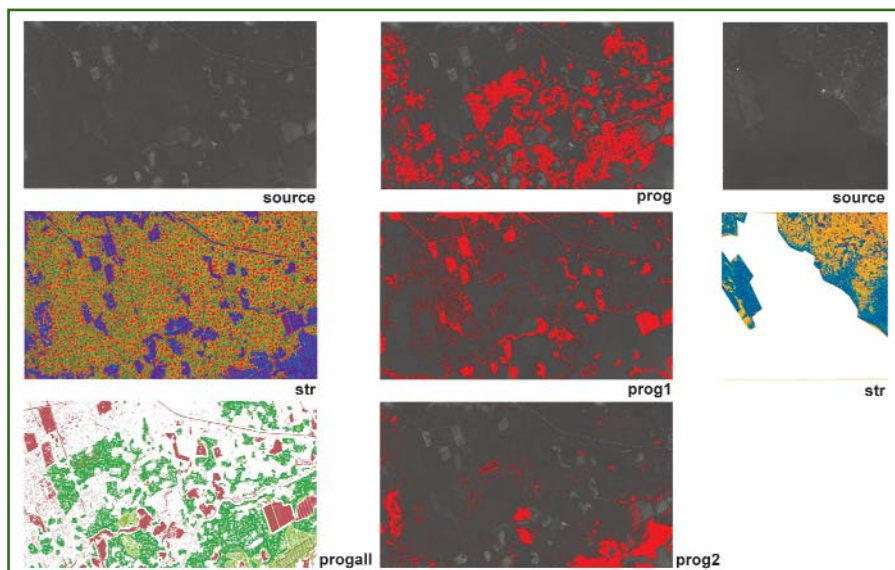


Рис. 6

Прогноз лесных вырубок в Карелии по панхроматическому снимку с КА SPOT-5

ческих слоев на большие территории («IDIMA-Поток»).

11. Простота пользовательского интерфейса и удобство в использовании.

12. Создание Интернет-решений для пользователей картографических порталов Microsoft Virtual Earth, Google Maps, Yahoo! Maps и различных геопорталов под девизом — видеть «неизвестное в известном» и искать «известное в неизвестном».

Реализованные в программе IDIMA алгоритмы решают целый комплекс задач в области дешифрирования материалов аэрокосмической съемки, в том числе осуществляют картографирование достаточно разнородных объектов с использованием сходных методик обработки, что существенно облегчает труд специалиста по дешифрированию.

Особое внимание следует обратить на возможность обра-

ботки одноканальных, панхроматических и радиолокационных изображений, а также материалов высокодетальной съемки. Это важно, так как автоматизированная обработка таких материалов традиционными методами достаточно затруднительна. Одноканальные изображения зачастую обладают недостаточным количеством информации для получения достоверных результатов методами попиксельных классификаций. Высокодетальные изображения, напротив, обладают слишком значительными вариативностью яркостных значений и «уровнем шума», что также затрудняет их автоматизированную обработку. Алгоритмы неадаптивной классификации ПО IDIMA позволяют довольно эффективно решить такие проблемы.

Помимо этого, возможность создания в рамках одного проекта набора структур с разными входными параметрами позво-

ляет реализовывать достаточно сложные проекты и получать на выходе целый комплекс тематических слоев, соответствующих разнородным объектам.

На основе полученных структур в потоковом режиме могут обрабатываться большие массивы однотипных данных, что сокращает время осуществления крупных проектов. Настройки структур, соответствующие определенным типам объектов, могут быть использованы для создания узкоспециализированных приложений, ориентированных на решение конкретных прикладных задач.

ПО IDIMA работает на обычном персональном компьютере, имеющем достаточно «средние» технические характеристики (процессор — Intel Pentium III и выше, оперативная память — 2 Гбайт). Однако оно легко может быть адаптировано для использования на современных рабочих станциях, имеющих в своей основе многопроцессор-

ные системы, что позволит существенно сократить время обработки данных.

В целом, можно сделать вывод, что программный комплекс IDIMA не просто «еще одно программное приложение» для обработки растровых данных, стоящее в ряду с массой известных программ, а новый шаг в области автоматизации процессов дешифрирования данных ДЗЗ и картографирования различных объектов и явлений на основе пространственных данных, представленных в растровом виде.

RESUME

The IDIMA software implementing the nonadaptive classification algorithm is noted to be the next step in automating processes to interpret the Earth remote sensing data in the raster format. Capabilities of image processing in the optical and radar bands are given based on specific reference examples.

*«Ум – это призма. Он делит одну вещь на много частей. Истина – едина»
Ко Хсуан, «Классика неперочности»*

Технология неадаптивной классификации объектов цифровых изображений ДДЗ

Создает условия для самоорганизации объектов цифрового изображения в устойчивые однородности, взаимосогласованные в структуре единого целого – скрытом, непредсказуемом, источнике новизны.

Открыт феномен эволюции хаоса всевозможных однородностей изображения к стационарному состоянию (аттрактору), характеризуемому минимумом производства энтропии.

*«Просто – значит правильно»
Ко Хсуан, «Классика неперочности»*

ПО «IDIMA» (IDentification of IMAge) – новый класс автоматизированных средств обработки и тематического анализа пространственных данных

- Автоматическое создание неадаптивной классификации (структуры) объектов цифрового изображения.
- Тематическая обработка как оптических, так и радарных данных.
- Обработка одноканальных (панхроматических), радарных и данных сверхвысокого разрешения (< 30 см).
- Комплексная обработка пространственных (баз) данных на выбранную территорию.
- «Пакетная» обработка массивов пространственных данных.
- Проста в изучении и удобна в работе.
- Интернет-решения для пользователей картографических порталов геопорталов с концепцией

увидеть «НЕИЗВЕСТНОЕ в известном» –
искать «известное в НЕИЗВЕСТНОМ».

ООО «ФОРЕС»
E-mail: cs-tehn@mail.ru
Тел. 916-251-48-98
www.idima.ru