

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СЛОЖНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Кудрявцев М.А.

*Кудрявцев Михаил Андреевич – аспирант,
кафедра информационных технологий и компьютерного дизайна,
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, г. Москва*

Аннотация: в статье приведено описание метода измерения сложности изображения с использованием нечеткой логики, которая позволяет получить объективную оценку, близкую к человеческому восприятию сложности. В качестве основы для вычисления значения сложности используются принципы измерения энтропии изображения.

Ключевые слова: анализ, нечеткая логика, сложность изображения, моделирование.

1. Нечеткая логика при измерении сложности изображения

Начало теории нечеткой логики было предложено профессором Задемом в качестве новой парадигмы анализа комплексных систем и процессов. Как известно, нечеткая логика представляет собой расширение классической теории, где принадлежность элемента к определенному множеству определяется характеристической функцией, принимающей истинное или ложное значение, которая и описывает наличие элемента в составе этого множества. Такая схема подразумевает, что элемент может быть членом только одного множества, и именно поэтому наборы в классической логике называются четкими наборами [1].

Парадигмы нечеткой логики позволяют реализовать принадлежать элемента различным множествам с различной степенью вхождения в множество. Принадлежность элемента к множеству определяется нечеткой функцией принадлежности или нечетким множеством. Нечеткие множества представляют собой функции, которые отображают местоположение элемента в виде высказывания. Значение, присвоенное функцией принадлежности элементу, рассматривается как степень принадлежности множеству, где 1 - наивысшая степень принадлежности. Для более полного описания нечеткой логики множеств рекомендуется прочитать указанные в списке литературы материалы [2].

Нечеткая логика предоставляет новый инструмент для решения задач реального мира. В связи с тем, что подобные задачи в большинстве случаев представляют собой сложные комплексные системы, их математическая модель требует использования нечеткой логики. Преимущества нечеткой логики дают возможность смоделировать математическую схему субъективного представления проблемы. Например, пространственное соотношение таких понятий как: «около», «рядом», «между» - было представлено нечеткой логикой. Подобные модели нечеткой логики могут быть включены в различные системы для обработки информации на высоком уровне. Нечеткие пространственные модели способны улучшить производительность систем технического зрения при анализе изображения.

Обработка изображений применяется для ряда задач, куда входит: распознавание образов, поиск по изображениям, медицинский анализ, сжатие изображений, удаленное управление, производственные задачи и так далее. Определенное приложение нашлось в измерении различных субъективных параметров и одна из наиболее важных - измерение сложности изображения. В данной статье рассматривается метод измерения сложности изображения, который описывает сколько когнитивных ресурсов человека требуется для обнаружения и распознавания образа.

Некоторые задачи требуют первичной оценки изображения перед его обработкой или использованием. Опираясь на оценку человеком, результат всегда будет субъективным и зависящим от множества факторов, влияющих на внимание. Таким образом, разработка метода оценки сложности изображения на основе нечеткой логики, независимая от человеческого оценки, необходима и должна дать более надежные результаты.

Цель данной статьи заключается в представлении нового метода в определении сложности изображения, который базируется на информации, полученной без участия человека. Для того чтобы создать независимую от человека схему измерения сложности изображения, в которой нет неверной трактовки информации.

2. Принцип работы

Работа данной модели начинается с предварительной классификации изображения по различным уровням сложности с помощью базы данных, собранной опросом представителей различных профессий, возрастных и социальных групп. Чтобы разработать независимую от человека модель, было решено определить процедуру, которая работает только с изображением (не учитывая мнение человека). Данный подход представляет собой определение характеристик изображения относящихся к понятию сложности, которые можно определить с помощью вычислительной системы. Выбранные характеристики показывают процентное соотношение краев объектов и перепады яркости на изображении. Подобные

характеристики позволяет определить сколько внимания необходимо человеку для распознавания границ объекта на изображении [9].

Реализация неточной логики требует описания нескольких множеств, которые бы описывали сложность изображения по определенным границам и перепадам яркости [3]. Например, границы первого уровня соответствуют границам, которые человеку легко определить, границы второго уровня требуют чуть больше внимания, а границы уровня n требуют наибольшего количества внимания.

Конечное значение измеренной сложности изображения находится за два шага, основанных на разбиении уровней сложности найденных границ. Первый шаг состоит из определения сложности изображения, основываясь на трех категориях сложности: простая, усложненная и самая сложная. Данные категории были определены путем анализа набора изображений с использованием опроса различных людей. Второй шаг представляет собой аналог первого, только в качестве основы для описания функции классифицирующей по группам взято измерение энтропии изображения, где за основу берутся данные гистограммы.

3. Методы измерения

Вышеназванные параметры вычисляются на основе входных данных изображения, которые представляют собой вектор пикселей изображения, содержащий информацию о конкретном пикселе в формате HSL. Вычисление доли определяющих контуров — отношение площади сильных контуров ко всему изображению — требует предварительной обработки данного изображения путем наложения фильтра, усиливающего границы. На данную роль подходят методы Превитта и Собеля, как наиболее эффективные и независимые от направления фильтрации [5, 8].

Вычисление энтропии для поиска подкатегории осуществляется путем вычисления Колмогоровской сложности (стохастическая сложность, которая выражает возможность фрактального описания) [6]. Иными словами, нужно найти на изображении все фрактальные элементы и измерить, какую часть изображения они составляют. Кроме вычисления значения по определению, есть возможность найти значение путем поиска отношения размеров сжатого изображения к изначальному. Такая задача сводится к максимальному сжатию изображения без потери деталей методом сжатия JPEG.

4. Группы и подгруппы сложности

Результаты первого и второго шага позволяют определить, к какому типу сложности относится изображение и получить двойную оценку. Первое значение в ней описывает глобальную сложность: простое, среднее или сложное. Вторая оценка позволяет найти положение в данном подмножестве: низкое, среднее или высокое. Таким образом, мы получаем оценку изображения, которая может быть представлена в виде: сложно-высокое (для изображений самой высокой сложности), сложно-низкое (для изображений, которые находятся на границе между средним и сложным, которое может быть иначе определено как среднее-высокое), простое-низкое (как самое простое изображение) и так далее.

Подобное разбиение позволяет реализовать парадигму нечеткой логики, где каждый объект может с какой-то степенью вхождения быть в разных группах, что дает возможность создать модель представления сложности изображения близкой к человеческому восприятию [7].

5. Результаты и выводы

Теория нечеткой логики представляет собой альтернативу для моделирования задач человеческого восприятия, ее гибкость для схемы моделирования визуальных концепций восприятия позволяет исследователям обработки изображений найти решения новых сложных задач [4]. Работа, описанная в данной статье, представляет собой еще одну попытку смоделировать визуальную концепцию восприятия, направленную на создание новых систем с восприятием схожим с человеческим. В данной статье был описан метод измерения сложности изображения, независимый от человеческого фактора. Метод измерения сложности изображения с нечеткой логикой был протестирован на различных изображениях из базы данных, содержащей 150 экземпляров.

Метод генерирует два значения: первый описывает принадлежность изображения к классу низкой, средней или высокой сложности, а второе значение показывало значение внутри класса. Основываясь на этих двух значениях, метод предоставляет окончательный результат, описывающий сложность изображения. Основное преимущество метода состоит в том, что описанная модель не включает в себя неопределенность, порождаемую человеческим восприятием сложности.

Разработанный метод базируется на нечеткой логике анализа границ, которые содержат основную часть информации об изображении, а также измерении энтропии путем вычисления Колмогоровской сложности. Сравнивая результаты, полученные нашим методом, с человеческим восприятием, была обнаружена некая корреляция, но полученный метод не зависит от субъективности, присущей человеку. На основании полученных результатов, подобный метод крайне актуален для приложений, где требуется независимая от человеческого фактора система измерения сложности изображения.

Список литературы

1. *Zadeh L.* Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Processes, IEEE Tran. On Systems, Man & Cybernetics, 1973.
2. *Mendel J.* Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial, Proceedings of the IEEE 83(3), 1995.
3. *Freeman J.* The Modeling of spatial relations, Computer Graphics and Image Processing 4, 1975.
4. *Bloch I.* Fuzzy Spatial Relationships for Image Processing and Interpretation: a Review, Image and Vision Compute. 23, 2005.
5. *Scharr Hanno.* Диссертация “Optimal Operators in Digital Image Processing”, 2000.
6. *Колмогоров А.Н.* «Три подхода к определению понятия «количество информации»», 1965.
7. *Freeman W.J.* A Neurobiological Theory of Meaning in Perception. In: Proceedings of the International Joint Conference, 2003.
8. *Puniene J., Punys V. and Punys J.* Ultrasound and Angio Image Compression by Cosine and Wavelet Transforms, International Journal of Medical Informatics 64 (2-3), 2001.
9. *Кудрявцев М.А.* Методика измерения сложности восприятия графического интерфейса пользователя. // Современные инновации. № 4 (18), 2017. С. 10-12.