

**MAN-OPERATOR IN INFORMATION SYSTEMS. ERGONOMIC SUPPORT.
THE ANALYSIS OF APPLICATION OF THE FRACTAL'S METHODS****ЧЕЛОВЕК-ОПЕРАТОР В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ. ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ. АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ МЕ-
ТОДОВ****Lavrova Olga E.***Kiev National University (Ukraine)***Abstract**

Ergatic information systems are research. The problem of ergonomic support is examined. The Application of fractals is considered.

Keywords: fractal, ergonomics, information system, Internet, Web, “man-machine”, “man-computer”, algorithm of functioning, man-operator, Iterated Functions System

ВВЕДЕНИЕ

В условиях информационной революции значительно изменился характер деятельности человека.

С одной стороны, Интернет обеспечил условия быстрого поиска информации, с другой, не решен до конца вопрос структуризации найденного, часто найденное не отвечает полностью запросу.

Другой сложной проблемой является увеличение напряженности деятельности и необходимость оптимизации алгоритмов и условий деятельности человека-оператора.

К сожалению, прогресс в решении данных проблем не позволяет полностью устранить накопившиеся трудности.

В последние годы в моделировании и оптимизации многих физических, экономических и социальных процессов большие ставки делаются на так называемые “новые” (неклассические) подходы.

Одним из таких подходов является применение фрактальных методов.

В настоящей работе поставлена задача проанализировать возможность применения фрактальных моделей для задач эргономического обеспечения деятельности человека в информационных системах.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Понятие "фрактал". Понятия фрактал [1-3], появившиеся в конце 70-х, с середины 80-х прочно вошли в обиход математиков и программистов. Слово фрактал образовано от латинского *fractus* и в переводе означает *состоящий из фрагментов*. Оно было предложено Бенуа Мандельбротом в 1975 году для обозначения нерегулярных, но самоподобных структур, которыми он занимался. Рождение фрактальной геометрии принято связывать с выходом в 1977 году книги Мандельброта *'The Fractal Geometry of Nature'*. В его работах использованы научные результаты других ученых, работавших в период 1875-1925 годов в той же области (Пуанкаре, Фату, Жюлиа, Кантор, Хаусдорф). Но только в наше время удалось объединить их работы в единую систему.

Роль фракталов в машинной графике сегодня достаточно велика. Они приходят на помощь, например, когда требуется, с помощью нескольких коэффициентов, задать линии и поверхности очень сложной формы. Фактически найден способ легкого представления сложных неевклидовых объектов, образы которых весьма похожи на природные. Одним из основных свойств

фракталов является самоподобие. В самом простом случае небольшая часть фрактала содержит информацию о всем фрактале. Определение фрактала, данное Мандельбротом [1], звучит так: *"Фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому"*.

2. Системы итерируемых функций. Метод "Систем Итерируемых Функций" (Iterated Functions System - IFS) появился в середине 80-х годов как простое средство получения фрактальных структур.

IFS представляет собой систему функций из некоторого фиксированного класса функций, отображающих одно многомерное множество на другое. Наиболее простая IFS состоит из аффинных преобразований плоскости:

$$\begin{aligned} X' &= A * X + B * Y + C \\ Y' &= D * X + E * Y + F \end{aligned}$$

Для построения IFS применяют кроме аффинных и другие классы простых геометрических преобразований, которые задаются небольшим числом параметров. Например, проективные:

$$\begin{aligned} X' &= (A1 * X + B1 * Y + C1) / (D1 * X + E1 * Y + F1) \\ Y' &= (A2 * X + B2 * Y + C2) / (D2 * X + E2 * Y + F2) \end{aligned}$$

или квадратичные:

$$\begin{aligned} X' &= A1 * X * X + B1 * X * Y + C1 * Y * Y + D1 * X + E1 * Y + F1 \\ Y' &= A2 * X * X + B2 * X * Y + C2 * Y * Y + D2 * X + E2 * Y + F2 \end{aligned}$$

преобразования на плоскости.

3. Фрактальное сжатие информации. В 1988 году известные американские специалисты в теории динамических систем и эргодической теории Барнсли и Слоан предложили некоторые идеи, основанные на соображениях теории динамических систем, для сжатия и хранения графической информации. Они назвали свой метод методом фрактального сжатия информации. Происхождение названия связано с тем, что геометрические образы, возникающие в этом методе, обычно имеют фрактальную природу в смысле Мандельброта.

На основании этих идей Барнсли и Слоан создали алгоритм, который, по их утвер-

ждению, позволит сжимать информацию в 500-1000 раз. Теоретическое обоснование метода изложено в [4]. Вкратце метод можно описать следующим образом. Изображение кодируется несколькими простыми преобразованиями (в нашем случае аффинными), т.е. коэффициентами этих преобразований (в нашем случае A,B,C,D,E,F).

Например, закодировав какое то изображение двумя аффинными преобразованиями, мы однозначно определяем его с помощью 12-ти коэффициентов. Если теперь задаться какой либо начальной точкой (например $X=0$ $Y=0$) и запустить итерационный процесс, то мы после первой итерации получим две точки, после второй - четыре, после третьей - восемь и т.д. Через несколько десятков итераций совокупность полученных точек будет описывать закодированное изображение. Но проблема состоит в том, что очень трудно найти коэффициенты IFS, которая кодировала бы произвольное изображение.

Алгоритм фрактальной упаковки с потерей качества позволяет задать степень сжатия, аналогично формату jpeg. В основе алгоритма лежит поиск больших кусков изображения подобных некоторым маленьким кусочкам. И в выходной файл записывается только то, какой кусочек какому подобен. Так компанией Iterated разработан формат изображений "Sting", сочетающий в себе фрактальное и «волновое» (как в формате jpeg) сжатие без потерь. Новый формат позволяет создавать изображения с возможностью последующего высококачественного масштабирования, причем объем графических файлов составляет 15-20% от объема несжатых изображений

4. Анализ перспектив использования фракталов для организации поиска информации в Интернет. Теория фракталов тесно связана с кластерным анализом, решающим задачу выделения компактных групп объектов с близкими свойствами [5]. Кластеризация сегодня применяется при реферировании больших документальных массивов, определении взаимосвязанных групп документов, для упрощения процесса просмотра при поиске необходимой информации,

нахождения уникальных документов из коллекции, выявления дубликатов или близких по содержанию документов[5].

В качестве примера применения кластерного анализа к информационному пространству приведем рассмотренную Дмитрием Ландэ [5] задачу выявления цепочек наиболее важных сюжетов в информационном потоке новостной информации из Интернет

Алгоритм выявления основных сюжетных цепочек, используемый, например, в системе InfoStream заключается в следующем. Последний поступивший на вход системы документ (документ с номером 1 при обратной нумерации) порождает первый кластер и сравнивается со всеми предыдущими в соответствии с некоторой метрикой, задающей тематическую близость документов. Если эта мера близости для какого-нибудь документа оказывается выше некоторой пороговой, то текущий документ приписывается первому кластеру. Сравнение продолжается, пока не исчерпывается список актуальных документов потока. После такой обработки, происходит обработка следующего документа, не вошедшего в первый кластер, с которым последовательно сравниваются все актуальные документы потока и т.д. В результате формируется некоторое неизвестное заранее количество кластеров, которые ранжируются по своим весам, задаваемым такими критериями, как время порождения информации, авторитет источников, пользовательские предпочтения и т.д.

В окончательное рассмотрение принимается лишь определенное количество кластеров с наибольшими весами, т.е. группы наиболее актуальных сообщений. Для выбранных кластеров заново пересчитываются центроиды - документы наиболее отражающие тематику кластера. Таким образом формируются сюжетные цепочки, реализующие запросы типа "о чем больше всего пишут по заданной тематике наиболее авторитетные издания в последнее время?".

Фрактальный принцип самоподобия предполагает бесконечное дробление набора объектов с сохранением их свойств. В данном случае можно наблюдать подобие

сюжетных цепочек, получаемых при уточнении запроса (конечно в определенных рамках). Вместе с тем, сегодня многими исследователями рассматривается не дробление, а естественный рост размеров информационного пространства.

Свойства самоподобия фрагментов информационного пространства демонстрирует новый интерфейс представленный на веб-сайте службы News Is Free (<http://newsisfree.com>). На этом сайте отображается состояние информационного пространства в виде ссылок на источники и отдельные сообщения. При этом учитывается два основных параметра отображения - ранг популярности и "свежесть" информации. В рамках этой модели можно наблюдать "дробление" групп источников при увеличении ранга популярности и "свежести" изданий. Когда этот ранг становится достаточно высоким, дробление не позволяет без особых усилий читать названия источников и идентифицировать отдельные документы.

Проследив с помощью поискового механизма AltaVista свыше 200 млн. Web-страниц и несколько миллиардов ссылок, размещенных на этих страницах, ученые пришли к выводу о структуре Web-пространства как ориентированного графа, в котором вершины соответствуют Web-страницам, а ребра - соединяющим эти страницы гиперссылкам. В рамках этой модели задача анализа структуры связей между отдельными Web-страницами было обнаружено[5]. :

- центральное ядро (28% Web-страниц) - компоненты сильной связности (SCC), составляют Web-страницы, взаимосвязанные так тесно, что, следуя гиперссылкам, из любой из них в конечном счете можно попасть на любую другую.
- 22% Web-страниц - это "отправные Web-страницы" (IN). Они содержат гиперссылки, которые в конечном счете ведут к ядру, но из ядра к ним попасть нельзя.
- столько же - 22% - "оконечных Web-страниц" (OUT), к которым можно прийти по ссылкам из ядра, но нельзя вернуться назад.

- 22% Web-страниц - отростки – полностью изолированы от центрального ядра: это либо "мысы", связанные гиперссылками со страницами любой другой категории, либо "перешейки", соединяющие две Web-страницы, не входящие в ядро.

5. Идея фрактального похода к моделированию деятельности человека-оператора информационной системы.

5.1. Моделирование алгоритмов деятельности. Если рассматривать алгоритмизированную деятельность человека, то ее можно описать с помощью некоторых типовых действий и операций. Такие операции (например, рабочая операция, контроль функционирования, контроль работоспособности) стали основой специально разработанного языка описания человеко-машинного взаимодействия [6-8]. Исследования реальных человеко-машинных информационных систем выявили [6-8] 18 типовых комбинаций соединения между собой отдельных операций. Такие комбинации называли типовыми функциональными структурами. Примеры таких типовых функциональных структур приведены на рисунке 1. Здесь символом Р обозначена рабочая операция, а символом К - контроль функционирования.

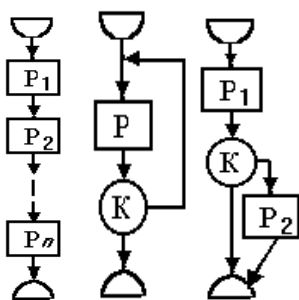


Рис.1 Примеры типовых функциональных структур.

Типовые функциональные структуры, соединяясь между собой в различных комбинациях дают модель деятельности. Такая модель по сути является функциональной сетью.

Поскольку каждая операция характеризуется надежностно-временными характеристиками, а математические модели для

типовых функциональных структур известны [6], последовательное укрупнение сети позволяет поэтапно уменьшать ее размерность, получая при этом эквивалентные надежностно-временные характеристики. Такой процесс называется редукцией функциональной сети [6].

Разработаны специальные компьютерные программы редукции, например [7-8].

Процесс редукции напоминает “собираание матрешки” и во многом схож с фрактальными процессами.

В функциональной сети, как видно, тоже заложен принцип “самоподобия”.

Для “разветвленных” сложных функциональных сетей с множеством параллельных ветвей и сложными функциями алгебры логики стартеров (финишеров) [6], регулирующими процессы начала (окончания) параллельных ветвей, использование фрактальной редукции может снизить трудоемкость сворачивания.

Учет дополнительных факторов, таких как, операционно-темповая напряженность деятельности, может привести к появлению “дробной размерности” вложенности типовых функциональных структур одна в другую. Это же может касаться и количества циклов (при повторении некоторой совокупности операций).

Таким образом при моделировании функциональных сетей приходим к самоподобию и фрактальным структурам (в том числе, - и с дробной фрактальной размерностью).

5.2. Проектирование адаптивных информационных систем. Адаптивная информационная система, анализируя особенности человека и среды, реагирует на конкретные особенности окружающей обстановки и пользователя [9-10].

В большинстве случаев ведутся специальные модели людей, работающих с системой, в которую записываются характеристики каждого человека-оператора и “история” его работы с системой [9-10].

Процессы адаптации связаны с выбором дальнейшего варианта продолжения функционирования системы [9-10]. При этом размерность задачи по выбору стратегии значительно уменьшается, если конкретного оператора отнести к некоторой группе,

т.е. актуальной становится задача кластерного анализа, которая, как показано в п.4. достаточно эффективно решается фрактальными методами.

6. Направления дальнейших исследований. Разработка конкретных моделей, широкая апробация, изучение эффективности предложенных подходов и сравнение их с традиционными. Разработка программных средств и инженерных методик использования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Фрактальные модели и методы в последние годы активно используются при решении проблем сжатия информации, моделирования WEB, сложных экономических процессов, прогнозирования развития человеческого общества и др. сложных динамических систем.
2. Моделирование информационных систем может быть значительно более эффективным, если использовать теорию фракталов.
3. В структуру исследований по эргономическому обеспечению информационных систем должны быть включены фрактальные модели, использование которых способно существенно повысить качество эргономических разработок.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Mandelbrot B.B. Fractals, Form, Chance, and Dimension, San Francisco: Freeman. 1977

- [2] Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature, San Francisco: Freeman. 1982.
- [3] <http://www.michurin.com.ru/>
- [4] Barnsley M.F. Fractal Image Compression Notices. 1996. V.43. No.6.
- [5] <http://dwl.kiev.ua/art/frak>
- [6] Информационно - управляющие человека - машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник/ Адаменко А.Н., Ашерев А.Т., Лавров Е.А. и др.. под общ. ред. Губинского А.И. и Евграфова В.Г.- М., Машиностроение, 1993. – 528с.
- [7] Ашерев А.Т., Сажко Г.И., Лавров Е.А., Хоменко В.Г., Полякова Ю.Н. Эргономика информационных технологий в примерах и задачах: Учебное пособие. - Горловка: ЧП "Видавництво Ліхтар", 2007. - 214с
- [8] Лавров Е.А., Н.Б. Пасько Н.Б.. Язык описания функциональных сетей для моделирующего квалиметрического комплекса эрготехнических систем// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Информационно-управляющие системы и технологии. - Харьков, 2010-3/11 (45) с.4-10
- [9] Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Подход к выбору типа диалога для адаптивных обучающих систем "человек-компьютер" на основе анализа предпочтения оператора// Восточно-европейский журнал передовых технологий. Сер. «Системы управления». – Харьков. – 2009. - 3/4 (39). – С.45-48.
- [10] Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Подход к проектированию адаптивного диалога в системе «студент-компьютер»// Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Информационная среда вуза XXI века", 21-25 сентября 2009г., г. Петрозаводск. 2009.-С.148-150.