

Implementación de la Ley de Zipf para el análisis visual de patrones del ambiente urbano.

Resumen

El presente artículo propone una solución para el problema de medir la calidad visual del ambiente urbano. Es posible estimar la calidad de cualquier patrón visual del paisaje de la ciudad, tal como espacios abiertos, un ensamble de edificios o una serie de ellos, con la ayuda del análisis estadístico de las áreas superficiales a través de una estructura jerárquica de sus partes. En este artículo se propone un acercamiento interdisciplinario para modelar la descomposición en un sistema jerárquico de las partes que más se distinguen de una imagen integral dada.

Como resultado de esta descomposición, se obtiene la distribución de rangos de Zipf para las partes de las imágenes que se consideran agradables al ojo humano. En las imágenes que se consideran desagradables al ojo humano, nuestro método muestra una desviación considerable en la parte media de la distribución. Este método hombre-máquina se podrá mejorar con componentes desarrollados por la computadora y en su forma actual puede ser útil para la evaluación de calidad de cualquier objeto proyectado o realizado en el ambiente urbano.

Abstract

This study proposes a solution to the problem of measuring the visual quality of urban environment. It is possible to estimate the quality of any visual pattern of city landscape, such as open spaces, assemblage or series of buildings, with the help of the statistical analysis of the surface areas of the hierarchical structures of the parts. In this article we propose an interdisciplinary approach to model the decomposition in a hierarchical system, of the salient parts in a given integral image.

As a result of this decomposition, we obtain the Zipf area-rank distribution for the parts of the images that are considered pleasing to the human eye. In images that would be considered visually unattractive, our method shows a considerable deviation in the middle part of the area-rank distribution. This man-machine method could be improved with a more developed computer component; in its present form it can be useful for quality evaluation of any projected or real object in an urban environment.

Abstrait

Cet article propose une solution en ce qui concerne le problème de mesure de la qualité visuelle du milieu ambiant urbain. Il est possible d'estimer la qualité de tout type de patron visuel de paysage urbain, telle que celle d'espaces ouverts, d'un ensemble d'immeubles ou d'une série de ceux-ci, à l'aide de l'analyse statistique des aires superficielles au travers d'une structure hiérarchique de ses parties. On propose, au travers de cet article, une approche interdisciplinaire afin de modeler la décomposition du système hiérarchique des parties qui se distinguent le plus d'une image totale donnée.

On a obtenu, comme résultat de cette décomposition, la distribution de rangs de Zipf en ce qui concerne les parties de l'image qui sont considérées comme désagréables à la vue humaine. En ce qui concerne les images estimées désagréables à la vue humaine, notre méthode montre une déviation considérable dans la partie centrale/ médiane de la distribution de l'image. Cette méthode «homme-machine» pourrait s'améliorer à l'aide de composants développés par ordinateur et dans sa forme actuelle, il pourrait être utile pour l'évolution de la qualité de tout objet projeté ou réalisé en milieu urbain.

Palabras claves: análisis de la forma, descomposición jerárquica de patrones, distribución de rangos, ecología visual.

1. Introducción. Ley de Zipf como ley universal para los sistemas sociales.

* Pavel Makagonov

* Liliانا E. Sánchez Platas

Es común en el mundo científico que en la descripción de muchas situaciones sociales sea posible el utilizar leyes similares a la Ley de Zipf, como la ley de Mandelbrot [1]. Este tipo de ley fue descrita en una primera ocasión por Auerbach [2] con la fórmula:

$$R_N = R_0 / N \quad (1)$$

* Universidad Tecnológica de la Mixteca

Aquí R_N se refiere al tamaño de la ciudad, R_0 es el tamaño de la ciudad más grande y N es una ciudad alineada según su tamaño. Realmente esta ley se aplica solamente para un sistema de ciudades que tenga características de integridad, tal como aglomeración o unidad metropolitana estándar. La característica de integridad es fundamental para la aplicación de esta ley. En 1949 esta ley fue reformulada por Zipf en la siguiente forma:

$$R_N = R_0 N^{-A} \quad (\text{Auerbach 1913})$$

Aquí "A" es un parámetro positivo, valor el cual es cerca a 1.0. Esta ley se aplica en la descripción de sistemas sociales integrales o de creaciones humanas tales como idiomas nativos, música clásica, pintura y ciencia urbana (población de la ciudad, área de la ciudad, etc.) [Hill 1970, Miller y Newman 1958, Orlov 1980]. Todos los investigadores antes mencionados consideraban esta ley una expresión de armonía entre seres humanos o acontecimientos sociales.

Los especialistas en desarrollo urbano conocen la teoría del lugar-central de Walter Christaller [Shuper 1995, Walter] que incluye las reglas para la distribución del tamaño, o la población para las ciudades que se organizan como un sistema integral. Algunos de ellos [Shuper 1995] consideran la distribución de Christaller como la etapa posterior al desarrollo del sistema de la ciudad, y la ley de Zipf como la etapa reciente.

Como puede verse en la Figura 1 [Makagonov 2001], la distribución de Christaller, (función de pasos), tiene buena concordancia con la ley de Zipf, - función lineal en una escala bi-logarítmica:

$$Y = -A \cdot X + B;$$

(Bruce 1970)

$$Y = \log(R_N), B = \log(R_0), X = \log(N).$$

(Miller y Newman 1958)

Esta serie de pasos funciona si se registra el comportamiento y la distribución de ciertas palabras en una lista de frecuencia de palabras de cualquier lengua nativa. De hecho, las palabras con frecuencias absolutas bajas producen el efecto de escalón.

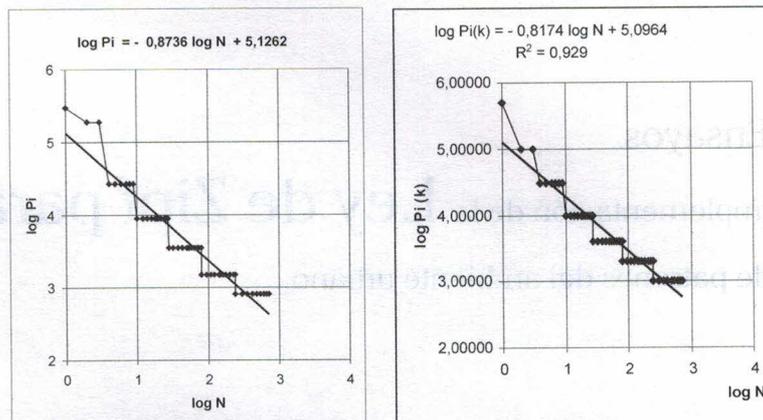


Figura 1. Los ejemplos de Christaller y la distribución de Zipf

Hay muchos ejemplos [1, Makagonov 2001] de la implementación de la ley de Zipf como criterio de integridad de un sistema de ciudades. Más o menos el mismo procedimiento se utiliza para estimar la integridad de una lista de palabras para una sub-lengua o para las obras maestras de la música clásica. Por todo esto es razonable presumir que esta ley se puede utilizar como criterio de integridad buscando la armonía para cualquier producto humano en arquitectura o en el planeamiento de paisajes.

Los sistemas informáticos y los paquetes computacionales se han utilizado durante mucho tiempo desde los años 70's [Stiny 1974] como ayuda en el diseño arquitectónico. Pero para la evaluación de la calidad solamente se utilizan algunos sistemas expertos en la evaluación de las características parciales tales como el color, la forma, las proporciones, etc. Algunos problemas se identifican como problemas de la ecología visual [Filin 1998].

Así pues, esta etapa del conocimiento científico todavía necesita algunos métodos cuantitativos de evaluación de las imágenes de la ciudad. La razón de esta investigación es la necesidad de reconocer los criterios para medir la calidad arquitectónica de proyectos de jóvenes especialistas y/o de los elementos del ambiente urbano en las zonas históricas de las ciudades.

2. Metodología para formar una distribución de rangos para una imagen urbana del ambiente.

Para elaborar la metodología y comprobar su capacidad se utilizaron 30 imágenes de obras

maestras arquitectónicas que pertenecen a diversos estilos y épocas, reconocidas en todo el mundo.

Con esta opinión común y la experiencia de siglos, se tuvieron las condiciones necesarias pero aún no suficientes de la coincidencia de la metodología que se elaboró. Como unidad de medida se tomó una parte selecta de la imagen. Esto fue necesario para revelar imágenes en orden jerárquico por tamaños para obtener la distribución de rangos.

La primera etapa del análisis consiste en delimitar el contorno de la imagen. Si hay más de una imagen inicial, la regla es separar imágenes en su orientación principal; es decir, horizontal, vertical o en dos dimensiones, o en tres dimensiones, tales como una esfera.

Es una regla que el fondo se maneje como un elemento neutral, el cual puede llegar a ser eliminado, un ejemplo de ello es el cielo.



Figura 2. Edificio solo. Un ejemplo de imagen integral "agradable para el ojo humano"

Una analogía simple de esta descomposición es el considerar el teatro (figura 2), con sus partes laterales y el elementos central.

Los contornos de estas imágenes de primer nivel deben ser fijos y sus áreas calculadas. Con nuestro método es suficiente utilizar 100 píxeles como unidad mínima de área.

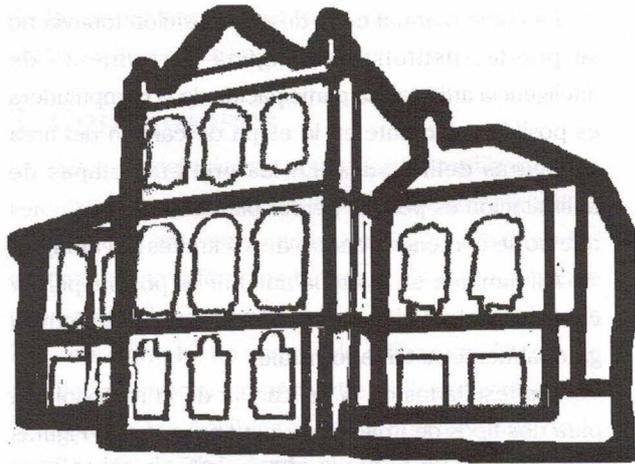


Figura 3. Sistema jerárquico de partes de una imagen integral dada

Las etapas siguientes de la descomposición consisten en la delimitación de cada parte que integra la estructura de la imagen principal, desde el punto de vista de la «experiencia» del espectador. Se puede ver este proceso comparando la fotografía de un edificio solo, como ejemplo de «imagen integral agradable para el ojo humano» en la Figura 2, con el sistema jerárquico de partes de la imagen dada en la Figura 3. Los elementos del sistema que corresponden a la descomposición son marcados por líneas más gruesas. Para revelar estas partes se manejaron áreas con elementos diversos, tales como textura, disposición (inclinación) en un espacio, color, etc. Se puede decir que hay un acercamiento interdisciplinario para modelar la descomposición en el sistema jerárquico de piezas utilizado. En este acercamiento el espectador utiliza los detalles visibles como estímulo para identificar el detalle con los patrones en su memoria.

La etapa anterior está conectada con la división de los detalles que se pueden percibir en su totalidad. Después de este paso es frecuente que el espectador pierda interés en un análisis más detallado, pero la necesidad psicológica de estos detalles todavía existe como participación en la imagen total, para no obtener una impresión del ambiente visual homogéneo. De cualquiera de las formas, después de esta última etapa el espectador obtiene cerca de 50 a 100 áreas para la distribución de rangos.

La imagen a color es evidentemente más informativa. Por ejemplo, las reproducciones en blanco y negro de pinturas impresionistas pierden muchos detalles que tienen gran intensidad de brillo a color.

La etapa manual de la descomposición todavía no se puede sustituir por ninguna herramienta de inteligencia artificial. La participación de la computadora es posible solamente en la etapa de cálculo del área de figuras delimitadas. En las primeras etapas de delimitación es posible perder partes de las imágenes que no se contengan dentro de los límites del dibujo.

Así también en la etapa anterior es posible perder cierta parte de los detalles monótonos que disminuyen gradualmente su tamaño visible.

Los resultados de la aplicación de la metodología para dos tipos de imágenes se exponen en las Figuras 6 y 7. Una de las imágenes (Figura 2), es considerada por los especialistas en ecología visual como «agradable para el ojo humano», la otra, presentado en la Figura 4 es considerada como "desagradable para el ojo humano" [Filin 1998]. La Figura 5 nos da un ejemplo de un ambiente visual agradable para el ojo humano con integridad al límite inferior.



Figura 4. Una muestra desagradable, agresiva y homogénea del ambiente visual para el ojo humano



Figura 5. Una muestra agradable, con integridad del ambiente visual para el ojo humano

La distribución de rangos de la Figura 4 (Serie 2 en la Figura 6) muestra decadencia bien definida en la parte media de la distribución de rangos en comparación con la distribución de la Figura 2 (Serie 1 en Figura 6), y con la curva de la ley de Zipf, (aproximación lineal de la Serie 1), que estructura una «imagen agradable para el ojo humano». Las características especiales de las imágenes que se consideran como desagradables desde el punto de vista de la ecología visual son su homogeneidad y agresividad. El ambiente visual homogéneo significa un ambiente donde no están disponibles los elementos visibles en su totalidad o su número se reduce agudamente, y el ambiente visual agresivo se asocia a una gran cantidad de elementos similares [Filin 1998].

En general estas curvas presentan más discrepancia en la parte inicial y en la final. Por tal razón a veces se necesita disminuir la influencia de ambas partes «finales» de la secuencia. En nuestro caso en la fórmula de cuadros mínimos:

$$\Phi = \sum_{n=1}^N p_n [\log S_n + A \cdot X_n - B]^2 \quad (\text{Orlov 1980})$$

utilizamos los pesos $p_1, p_2, \dots, p_{N-k}, p_{N-k+1}, p_{N-k+2}, \dots, p_N$ con valor cero para la desviación visible en la parte inicial y en la parte final de la muestra. La desviación inicial se puede conectar con una presentación incompleta de la imagen. La desviación en la última parte es causada por el poco interés de los espectadores en detalles pequeños.

La parte media de la ley de Zipf, para dos imágenes «agradables» (Figuras 2 y 5) se presentan en la Figura 7. Estas distribuciones presentan buena concordancia con la ley de Zipf, pero tienen diferentes parámetros. La segunda curva (Serie 2) es discontinua. Esto se puede explicar por la pérdida parcial de integridad de esta composición. Al mismo tiempo, la distribución de rangos para el edificio del teatro (Figura 2 en la parte izquierda) generó una distribución ideal de Zipf. Este hecho se puede explicar por el punto de la visual hacia el edificio. De hecho, sí es posible descubrir el punto de la visual desde donde estén visibles ambos edificios buscando mantener el mismo tamaño, puede mejorar la forma de la distribución de rangos. Quien pueda reconocer este lugar identificará el punto de vista preferido para inspirar armonía. Esto les permitirá asociar una imagen dada con la imagen «ideal» del mismo lugar y asignar esta imagen para dar otra.

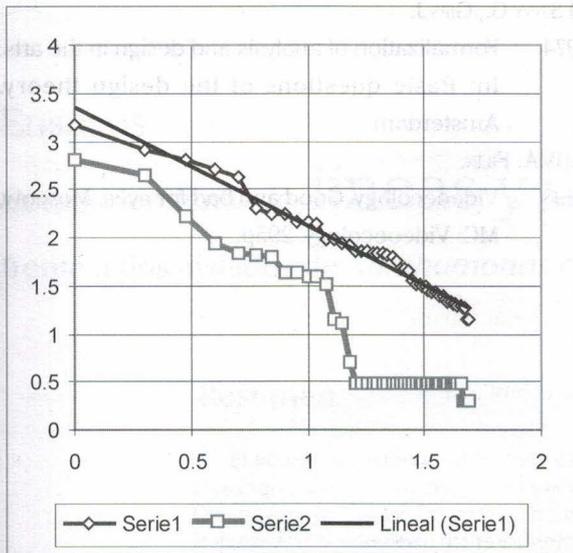


Figura 6 Comentarios en el texto.

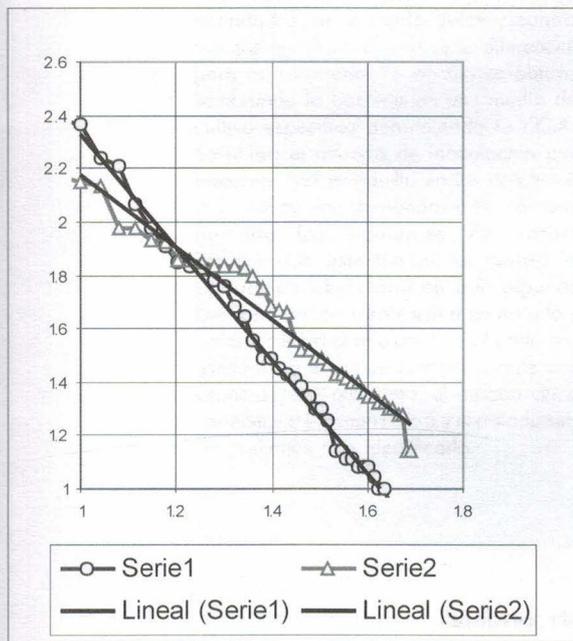


Figura 7. Comentarios en el texto

Esta metodología esta basada esencialmente en las capacidades de percepción de los seres humanos y en una experiencia personal de revelar imágenes elementales en un dibujo, que no es posible sustituir por ningún procedimiento formal en la computadora. La comparación de los resultados calculados por diversas personas de la misma imagen da el mismo nivel relativo de discrepancia que el cálculo repetido

de la misma persona después de un corto plazo al «haberse despejado su memoria».

3. Conclusiones

Esta metodología esta preparada para utilizarse para la valoración de proyectos estudiantiles de Ingeniería en Diseño y para mantener un equilibrio en la densidad de detalles de diferentes tamaños. Es evidentemente necesario utilizar otros principios además de la Ley de Zipf. Por ejemplo, no es posible utilizar un sistema de detalles del mismo tamaño entre estilos muy diversos.

Otra de las posibles y útiles aplicaciones de la distribución de Zipf desde el punto de vista práctico es el revelar lugares con un ambiente visual homogéneo y agresivo a través del análisis de la distribución de rangos. Por tal razón este método se puede utilizar para revelar lugares atractivos y lugares con un alto grado de rechazo.

Así también este método hombre-máquina se podría mejorar con un componente desarrollado por computadora, sin embargo en su forma actual puede ser útil para la evaluación de calidad de cualquier objeto proyectado o real en el ambiente urbano.

Referencias

- 1) <http://linkage.rockefeller.edu/wli/zipf/>
- 2) F. AUERBACH.
1913 Das Gesetz der Bevölkerungskonzentration, Petermanns Geographische Mitteilungen, LIX:73-76.
- 3) BRUCE M HILL.
1970 Zipf's law and prior distributions for the composition of a population, Journal of the American Statistical Association, 65:1220-1232.
- 4) GA MILLER, EB NEWMAN.
1958 Tests of a statistical explanation of the rank-frequency relation for words in written English, American Journal of Psychology, 71, 209-218.
- 5) YU.K. ORLOV.
1980 Invisible Harmony. In: Issue «Mysl' i chislo» (Thought and Number) N3 Edition «Znanie» Moscow. 70-106pp
- 6) SHUPER V. A.
1995 Self-organizing of an urban population. (Rus.) Ed. Russian Open University. Moscow. 166pp

7) Walter Christaller & Central Place Theory <http://faculty.washington.edu/krumme/450/christaller.html>

8) MAKAGONOV P.

2001 Management of the urban territory development. Academic book. Moscow, Russian Institute of State Service, 2001, 352 pp.

9) STINY G., GIPS J.

1974 Formalization of analysis and design in the arts. In: Basic questions of the design theory. Amsterdam.

10) V.A. FILIN.

1998 Videocology. Good and bad for eyes. Moscow, MC: Videocology. 295p.