

*DIF U<sub>100</sub>ci@*

**Revista de Difusión Científica**

Vol. 5, No.2, septiembre-diciembre 2011

ISSN 2007-3585

**Difusión**

## La transformada Mojette

Arturo Moreno et al.

**Investigación**

## Discrete-event simulation using estimation of distribution algorithm

Ricardo Pérez et al.

Por la divulgación de la ciencia y la tecnología

ISSN 2007-3585



---

PRODUCCIÓN  
**Universidad Autónoma de Zacatecas**

PRODUCCIÓN Y DISEÑO

**Gerardo Miramontes de León**

**D.R. de la Presente Edición**

**Gerardo Miramontes de León**  
**Universidad Autónoma de Zacatecas**  
**López Velarde 801, Centro**  
**98000 Zacatecas, Zac. México**

**ISSN 2007-3585**

**DIFU100ci@ (léase difucencia) Vol. 5, No.2, septiembre-diciembre 2011, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma de Zacatecas, "Francisco García Salinas", Jardín Juárez 147, Col Centro Zacatecas, Zac. C.P. 98000. [www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm](http://www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm). correo-e: [gmiram@ieee.org](mailto:gmiram@ieee.org). Reservas de Derechos al Uso Exclusivo del Título expedido por el INDAUTOR, Reserva: 04-2010-110314331900-102. Responsable de la última actualización Gerardo Miramontes de León, López Velarde 801, Zona Centro, Zacatecas, Zac. C.P. 98000. Fecha de última modificación 30 de mayo de 2012.**

HECHO EN MÉXICO  
MADE IN MEXICO

---

## DIRECTORIO

---

M. en C. Francisco Javier Domínguez Garay Rector  
I. Q. Armando Silva Cháirez Secretario General  
M. en C. Jesús Octavio Enriquez Rivera Secretario Académico  
M. en A Emilio Morales Vera Secretario Administrativo  
Dra. Isabel Terán Elizondo Coord. Investigación y Posgrado  
Dr. Luis Alejandro Aguilera Galaviz Coord. de Investigación  
Dr. Diego Miramontes de León Coord. de Posgrado

---

## CONSEJO EDITORIAL

---

Leonardo Acho Zuppa, U Politècnica de Catalunya, España  
Miguel Andrés, U. de Valencia, España  
Pedro Andrés, U. de Valencia, España  
Luis Tupak Aguilar, CITEDIPN, México  
David H. Covarrubias Rosales, CICESE, México  
Ernesto García Domínguez, U. Autónoma de Zacatecas  
Mireya Sara García Vázquez  
CITEDIPN, México  
Luis García Santander  
U. de Concepción, Chile  
Geminiano D. Martínez Ponce, CIO, México  
Oscar Montiel, CITEDIPN, México  
Arturo Moreno Báez, U. Autónoma de Zacatecas  
Claudia Sifuentes Gallardo, U. Autónoma de Zacatecas

## Contenido

Vol. 5, No. 2, septiembre-diciembre 2011

### EDITORIAL

#### **Difusión + investigación** 27

Una tarea importante en la ciencia y la tecnología es la publicación de los resultados, pero igualmente importante es la tarea de difusión o la divulgación de temas de ciencia y tecnología. Por ello se encuentran diferentes revistas dedicadas a esa tarea, también lo hacen las instituciones de ciencia y tecnología, como lo hacen los consejos de ciencia y tecnología en varios países. En este número se presentan trabajos encaminados hacia ese mismo esfuerzo.

### DIFUSIÓN

#### **La transformada Mojette** 28

por Arturo Moreno et al. pp. 28 – 33

Se presenta una introducción a una transformada poco conocida. Aunque esta transformada es poco conocida, existen otras transformadas y operaciones que se asemejan bastante a ella y por tal motivo puede confundirse con algún otro método. La transformada Mojette es un método de proyecciones muy similar a la transformada de Radon, pero con algunas diferencias importantes.

#### **Discrete-event simulation using estimation of distribution algorithm** 34

por Ricardo Pérez et al. pp. 34 – 39

La ciencia de la toma de decisiones o la investigación de operaciones (OR) está presente en todos los niveles y en todas las industrias. La optimización industrial puede llevar a cabo la toma de decisiones a través del análisis de la operación de cualquier sistema, preparación y utilización de modelos para la consecución de los objetivos y metas propuestos, con la utilización adecuada de los recursos disponibles. Su ámbito de aplicación es muy amplio y se aplica a problemas de fabricación, transporte, construcción, telecomunicaciones, planificación, gestión financiera, ciencias de la salud, y servicios, entre otros. En este trabajo preliminar, presentamos una propuesta híbrida entre la simulación de eventos discretos y un algoritmo de estimación de distribuciones; nuestro objetivo es contribuir al conocimiento en el área. Este trabajo está siendo desarrollado en una fábrica donde la manufactura de puertas de acero y marcos son actividades paralelas.

### INVESTIGACIÓN

## Difusión + investigación

**C**IERTAMENTE la publicación de los resultados de los proyectos de investigación, es una tarea importantísima, no sólo para los científicos si no también para los tecnólogos. En esta tarea podemos distinguir la publicación dirigida a un muy estrecho grupo de especialistas, y la que tiene por fin lograr una mayor cobertura, sin dejar de tener un cierto grado de especialización. Es por eso que en esta revista podemos encontrar una clasificación de artículos de DIFUSIÓN, INVESTIGACIÓN, y TUTORIALES. De este modo pretendemos cubrir ese hueco entre los artículos de difusión tipo “*gaceta*” o periódico y aquellos tipo “*transactions*”. La reflexión se presenta porque estamos en el quinto año de edición, y esperamos que en la comunidad académica, para incluir a todos, se logre despertar el interés por atender esta tarea. También es cierto que para consolidar este esfuerzo se requiere de la colaboración de muchos, y haremos extensiva esta invitación al mayor número posible de académicos.

En este número se presenta un trabajo de difusión sobre una transformada poco conocida, la transformada Mojette, y un trabajo de investigación que presenta una propuesta en el área de investigación de operaciones. El primero corresponde al campo de las matemáticas aplicadas, mientras que el segundo corresponde al campo de las ciencias de la computación. Esperamos que ambos contribuyan al logro de los objetivos de DIFU100ci@.

© diciembre 2011 G. Miramontes

correo-e:gmiram2002@yahoo.com

DIFU100ci@ (léase difuciencia) es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma de Zacatecas, Jardín Juárez 147, Col Centro Zacatecas, Zac. Tiene como objetivo difundir conocimientos científicos y tecnológicos del área de la ingeniería a través de artículos de divulgación y artículos que muestren temas de investigación.

### EDITOR EN JEFE

Gerardo Miramontes de León  
U. Autónoma de Zacatecas

### CONSEJO EDITORIAL

[Leonardo Acho Zuppa](#)

U Politècnica de Catalunya  
España

[Miguel Andrés](#)

U. de Valencia, España

[Pedro Andrés](#)

U. de Valencia, España

[Luis Tupak Aguilar](#)

CITEDI-IPN, México

[David H. Covarrubias Rosales](#)

CICESE, México

[Ernesto García Domínguez](#)

U. Autónoma de Zacatecas

[Mireya Sara García Vázquez](#)

CITEDI-IPN, México

[Luis García Santander](#)

U. de Concepción, Chile

[Geminiano D. Martínez Ponce](#)

CIO, México

[Oscar Montiel](#)

CITEDI-IPN, México

[Claudia Sifuentes Gallardo](#)

U. Autónoma de Zacatecas

*El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores. Se permite la reproducción total o parcial de los contenidos siempre y cuando se cite la fuente, y en los términos de la Ley Federal de Derechos de Autor y, en su caso, de los tratados internacionales aplicables.*

# La transformada Mojette

Arturo Moreno, Gerardo Miramontes, Ernesto García, Claudia Sifuentes, Rafael Magallanes, Enrique de la Rosa,

## The Mojette transform

Recibido: agosto 12, 2011

Aceptado: octubre 23, 2011

Palabras clave: Proyecciones; transformadas; Mojette

### Abstract:

We present an introduction to a not very well known transform. Although this transform is not well known, there are other transforms and operations that are quite similar to it and for that reason it may be confused with some other method. The Mojette transform is a projection method very similar to the Radon transform, but with some important differences.

Keywords: Projections; transforms; Mojette

**E**N 1917 un matemático de nombre Johann Radon (1887-1956) publicó un artículo en el que aseguró que se podía reconstruir una función desconocida, si se conocían todas las integrales de línea de esa función en el plano. La operación con la cual se puede hacer esa reconstrucción se llama transformada de Radon. Se aplica principalmente en tomografía computarizada, es decir en la obtención de imágenes transversales.

Como lo que se obtiene es una reconstrucción, también se le llama reconstrucción tomográfica. Esta reconstrucción se obtiene a partir de las proyecciones que se recogen en

un detector cuando se hace incidir una fuente de energía (un haz) sobre un cuerpo u objeto, como se explica más adelante.

Para explicar a grandes rasgos qué es la reconstrucción tomográfica, partimos de la Figura 1 [1], donde se muestra que las proyecciones de un objeto a determinado ángulo  $\theta$  están conformadas por una serie de integrales de línea. Por simplicidad puede entenderse que la integral es una suma, cuyo resultado representa la atenuación del haz al pasar a través del objeto. La imagen desconocida es  $f(x,y)$ , y la información recolectada es  $p(r)$ , donde  $r$  es la posición de rayos paralelos, desde una proyección a un ángulo  $\theta$ .

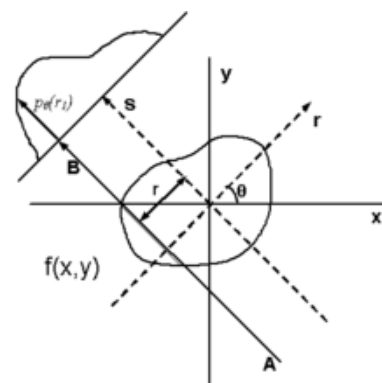


Figura 1. Geometría de haz paralelo. Cada proyección esta formada por el conjunto de integrales de línea a través del objeto.

Suponiendo que el objeto produce una atenuación exponencial, lo cual es típico en tejidos, entonces

$$I = I_0 e^{-\int f(x,y) ds} \quad (1)$$

donde  $I$  es la intensidad detectada,  $I_0$  es la intensidad de la fuente,  $f(x)$  es el coeficiente de atenuación en la posición  $x$ . En general la atenuación total  $p$  de un rayo en posición  $r$  a un ángulo de proyección  $\theta$  está dada por

$$p(r, \theta) = \ln(I/I_0) = - \int f(x, y) ds \quad (2)$$

de acuerdo a la Figura 1 el punto  $p(x, y)$  será proyectado en el ángulo  $\theta$  por

$$x \cos(\theta) + y \sin(\theta) = r. \quad (3)$$

Sustituyendo podemos escribir[1]

$$p(r, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - r) dx dy \quad (4)$$

donde  $p(r, \theta)$  es llamada la transformada de Radon (TR).

Para obtener  $f(x, y)$  se requiere una transformación inversa. Sin embargo la transformada inversa de Radon es inestable cuando se tiene ruido en los datos.

Cuando se tienen datos discretos, por ejemplo en una imagen digital, entonces se trabaja con la versión discreta de la transformada, donde las integrales se aproximan por sumas.

## Otros métodos de proyección

De la sección anterior, puede verse que la proyección obtenida es una representación del objeto o de la imagen bajo estudio. Esta representación se puede emplear en otros campos, como por ejemplo en sistemas automáticos de reconocimiento de patrones, o para almacenamiento de datos.

-----

**Cuando se tienen datos discretos, por ejemplo en una imagen digital, se requiere la versión discreta de la transformada de Radon**

-----

Recientemente, se han sugerido métodos basados en la transformada de Radon para extraer una representación de una imagen. Por ejemplo, [2] muestra cómo la transformada de Radon representa eficientemente y describe símbolos compuestos de segmentos de línea.

## Transformada Mojette

Entre las transformaciones lineales propuestas y usadas para compresión de imágenes, en años recientes, se encuentra la transformada Mojette (TM), que es una especie de transformada de Radon discreta [3, 4, 5, 6].

La transformada Mojette [7, 8, 9, 10, 11] proyecta una imagen digital original en 2D  $I = \{I(i, j); i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, M\}$  en un conjunto de  $K$  proyecciones discretas en 1D con  $P = \{M_k(l); k = 1, \dots, K; l = 1, \dots, L_K\}$ .

La TM es una TR discreta exacta definida para un conjunto  $S = \{(p_k, q_k), k = 1, \dots, K\}$  de ángulos de proyección específicos.

$$M_k(l) = \text{proj}(p_k, q_k, b_l) = \sum_{(i, j) \in L} \delta(b_l - iq_k - jp_k) \quad (5)$$

donde

$$\delta(x) = \begin{cases} 1, & \text{si } x = 0 \\ 0, & \text{si } x \neq 0. \end{cases} \quad (6)$$

Dada una imagen 2D  $N \times M$ ,  $I(i, j); i = 1, \dots, N$  y  $j = 1, \dots, M$ , las proyecciones están dadas por

$$P_k = \sum I(i, j)(\theta_k - iq_k - jp_k), \quad (7)$$

lo que define líneas de proyección  $q_k, p_k$ , en la dirección  $k$ . De la definición de la TM tenemos:

$$\text{proj}_{p_i, q_i}(m) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} I(x, y) \delta(m + q_i x - p_i y) \quad (8)$$

donde  $\delta(\cdot)$  es la delta de Kronecker,  $I(x, y)$  es el valor del pixel,  $p_i$  y  $q_i$  definen el ángulo de proyección  $\theta_i$  con desplazamiento  $x$  y  $y$ , y además  $\theta_i = \tan^{-1}(q_i/p_i)$ .

La fórmula de Katz [8] da el número de elementos  $B_i$  para la proyección definida por  $p_i$  y  $q_i$  para una imagen de  $P \times Q$  pixeles:

$$m = B_i = (Q - 1)|p_i| + (P - 1)|q_i| + 1 \quad (9)$$

donde  $m$  será el número de líneas y cuáles pixeles son sumados para una imagen de tamaño  $P \times Q$ , dados los valores  $p$  y  $q$ .

Por ejemplo, usando tres ángulos de proyección tenemos  $(p_i, q_i)$  con  $i = 1, 2, 3$ . Si  $p_1 = 1$   $q_1 = 0$ , dirección  $(1, 0)$  y usando una imagen de tamaño  $3 \times 3$ , tenemos  $m$  con tres valores diferentes, como se muestra en la Tabla 1. Así, para  $m = 1$ , se suman los pixeles  $(1, 1)$ ,  $(2, 1)$  y  $(3, 1)$ , es decir la primera fila.

Tabla 1. Cálculo de  $m$  para la dirección  $(1,0)$

pixel $x,y$	$m = y p_1 - x q_1$
1,1	$m=1-0 = 1$
2,1	$m=1-0 = 1$
3,1	$m=1-0 = 1$
1,2	$m=2-0 = 2$
2,2	$m=2-0 = 2$
3,2	$m=2-0 = 2$
1,3	$m=3-0 = 3$
2,3	$m=3-0 = 3$
3,3	$m=3-0 = 3$

Tabla 2. Cálculo de  $m$  para la dirección  $(1,1)$

pixel $x,y$	$m = y p_1 - x q_1$
1,1	$m=1-1 = 0$
2,1	$m=1-2 = -1$
3,1	$m=1-3 = -2$
1,2	$m=2-1 = 1$
2,2	$m=2-2 = 0$
3,2	$m=2-3 = -1$
1,3	$m=3-1 = 2$
2,3	$m=3-2 = 1$
3,3	$m=3-3 = 0$

Usando 45 grados,  $(p, q) = (1, 1)$ , entonces la TM entregará cinco elementos, como se muestra en la Tabla 2.

Ahora  $m$  tendrá cinco casos diferentes 0, 1, 2, -1, y -2. Entonces, cuando  $m = 0$  se suman los pixeles (1,1), (2,2) y (3,3), correspondiendo a la diagonal principal. Si  $m = 1$ , solamente se suman los pixeles (1,2) y (2,3). Si  $m = 2$ , solamente se toma el pixel (1,3), correspondiendo a la esquina inferior izquierda.

Sobre la diagonal principal tenemos:  $m = -1$  y se suman los pixeles (2,1) y (3,2). Para  $m = -2$  solamente el pixel (3,1), el de la esquina superior derecha. Las Figuras 2 y 3 ilustran el concepto de la TM sobre una imagen  $3 \times 3$  pixeles.

## Diferencias entre la TM y TR

Retomando la información de la literatura [12]-[6]:

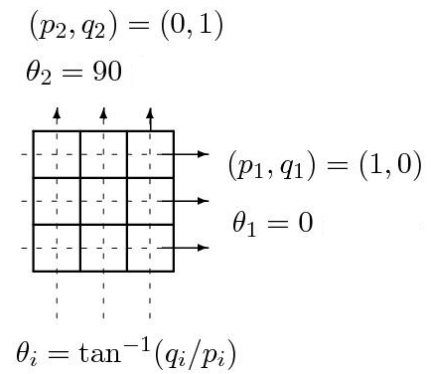


Figura 2. TM a dos ángulos de proyección: 0 y 90 grados.

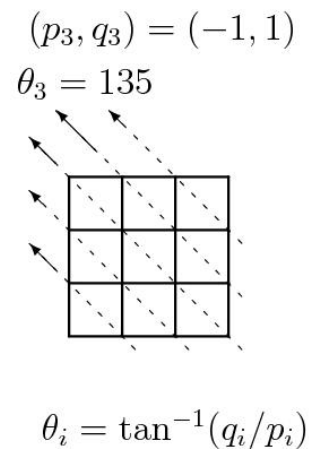


Figura 3. TM a un ángulo de 135 grados.

1. La TM es una forma discreta exacta de la TR. Además la TM tiene una inversa exacta a partir de un número finito de proyecciones discretas (en la TR se usan técnicas de regularización).
2. Otra **diferencia muy importante** es que el espaciamento (tasa de muestreo) de las proyecciones depende del ángulo de proyección y del tamaño de la imagen (la línea de proyección pasa por el centro del pixel).

De la definición de la TM se tiene que

$$\mathcal{M}\{f(x,y)\} = f(x,y)\delta(m + qx - py), \quad (10)$$

donde  $\delta(\cdot)$  es la delta de Kronecker. Así la TM es un conjunto de proyecciones donde cada elemento de la transformada corresponde a la suma de los pixeles centrados en la



línea de proyección  $m = y p_i - x q_i$ , o en forma de ecuación

$$proj_{p_i, q_i}(m) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(m + qx - py), \quad (11)$$

donde  $(x, y)$  define la posición del pixel.

La diferencia número 2 de la TM es muy importante para el caso de tareas de reconocimiento o de compresión de imágenes, ya que el tamaño de la transformada (número de elementos) puede hacerse grande comparado con el número de elementos de la matriz original de la imagen.

Por ejemplo:

Si tenemos una imagen  $3 \times 3$ . La dirección de proyección se define por  $(p_i, q_i)$ , donde  $p_i$  da el desplazamiento en  $x$  y  $q_i$  el desplazamiento en  $y$ , con  $\{i = 1, \dots, I\}$ , donde  $I$  indica el número de proyecciones. Entonces cuando usamos ángulos de 0 y 90 grados tenemos: dirección (1,0), y (0,1), como se ilustra en la Figura 2. Pero si ahora tomamos un ángulo de 135 grados, tenemos el resultado que se muestra en la Figura 3. Es decir, en las dos primeras proyecciones el número de elementos resultantes en cada proyección es de 3. En el caso de la tercera proyección se tienen 5 elementos, en lugar de los 3 anteriores.

Se sabe que para un bloque de dimensión  $P \times Q$ , la proyección en la dirección  $(p_i, q_i)$  estará compuesta de  $B_i$  elementos dados por:

$$B_i = (Q - 1)|p_i| + (P - 1)|q_i| + 1 \quad (12)$$

donde  $i$  nuevamente indica el número de proyección.

En efecto, para el arreglo de  $3 \times 3$ , con (1,1) tenemos

$$(3 - 1)(1) + (3 - 1)(1) + 1 = 5. \quad (13)$$

-----  
**La transformada Mojette es una forma discreta exacta de la transformada de Radon y tiene una inversa exacta a partir de un número finito de proyecciones discretas**  
 -----

### Criterio para reconstrucción completa

Se puede determinar [8] si el número de proyecciones es suficiente para reconstruir de forma única la imagen original.

El criterio de Katz indica que un bloque de tamaño  $P \times Q$  puede ser reconstruido de manera única si

$$P \leq \sum_{i=1}^I |p_i|, \quad \text{o bien} \quad (14)$$

$$Q \leq \sum_{i=1}^I q_i.$$

Obsérvese que  $q_i$  siempre debe ser positivo, ya que  $\tan^{-1}$  es periódica en  $\pi$ .

Así pues, cuando se requiere cumplir con este criterio, se observa que el tamaño de la TM es mayor al número de elementos (píxeles) de la imagen original. El ejemplo dado en [12] indica que con un bloque  $2 \times 8$ , donde  $P = 2$ ,  $Q = 8$  (en la referencia invirtieron el orden de  $P$  y  $Q$ ),  $P$  define la altura de la imagen, o sea 2. Entonces cuando  $Q > P$  (nuevamente invertido en la referencia), la imagen es reconstruible usando  $P$  proyecciones, es decir con sólo 2 proyecciones. Usando las direcciones (0,1), (-1,1), y (1,1) se tienen tres vectores de tamaño 8, 9, y 9. Al cumplir con el criterio de reconstructibilidad se tomarían 2 de esos 3 vectores, quedando una representación con 17 elementos, lo cual es mayor al tamaño original de 16 píxeles.

Por supuesto que luego se pueden aplicar algunas técnicas para reducir la cantidad de datos observando correlaciones y usando transformada Wavelet, por ejemplo.

El asunto es que el tamaño de la proyección depende en mucho del ángulo, ya que cambia la tasa de muestreo, como se dijo antes.

Por ejemplo, se dice que si se tiene un arreglo  $48 \times 48$  y se desea una redundancia de 33%, donde

$$R = \frac{\sum \text{bins}}{\sum \text{pixels}} \quad (15)$$

donde “bins” son los elementos de la TM o tamaño de la proyección, se recomienda usar 4 proyecciones con direcciones  $(\pm 15, 2)$ ,  $(\pm 21, 2)$ , teniendo

$$\sum_i |p_i| = 15 + 15 + 21 + 21 = 72, \quad (16)$$

con lo cual se cumple el criterio de Katz, pero lo que no indican es que el costo será el tamaño de la TM, ya que para la primera proyección se tendrá

$$B_1 = (Q - 1)|p_1| + (P - 1)|q_1| + 1 \quad (17)$$

$$= (48 - 1)(15) + (48 - 1)(2) + 1$$

$$= 705 + 94 + 1 = 800.$$

Para las otras proyecciones se tendrá  $B_2 = 800$ ,  $B_3 = 1082$ , y  $B_4 = 1082$ . Si tomamos las cuatro proyecciones nos da un total de 3764. La redundancia queda de 66% y no de 33% como dice en el artículo.

Con una sola proyección sí se tiene una reducción en los datos pues  $48 \times 48$  es 2304 y  $B$  es 800 o 1082. Pero se requiere más de una proyección y el criterio de Katz nos dice que sean al menos 3. Si tomamos 3 proyecciones el criterio se cumple también y  $R$  queda como 16% o 28% según se tomen  $2 \times 800 + 1082$ , o  $2 \times 1082 + 800$ .

## Un caso de reconocimiento de caracteres

Aunque en la literatura se explica la Redundancia  $R$  como un factor de confiabilidad en la transmisión de datos, eso implica cumplir con el criterio de Katz, lo cual a su vez implica una TM de gran tamaño. Pero, en el caso de reconocimiento de caracteres, la reducción del vector de características es muy importante, ya que reduce la carga computacional del reconocimiento. De una imagen de tamaño  $16 \times 16$  se tienen 256 elementos en total. Se pueden usar sólo dos proyecciones (1,0) y (0,1) que son las de menor tamaño. Así con  $P = 16$ ,  $Q = 16$  y con direcciones (1,0) y (0,1) tenemos en cada caso

$$\begin{aligned} B_1 &= (Q-1)|p_1| + (P-1)|q_1| + 1 \\ &= (16-1)(1) + (16-1)(0) + 1 = 16, \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} B_2 &= (Q-1)|p_1| + (P-1)|q_1| + 1 \\ &= (16-1)(0) + (16-1)(1) + 1 = 16. \end{aligned} \quad (19)$$

Quedando nuestra representación con un vector de 32 elementos, que ya es muy manejable. Si incluyéramos otra proyección ( $i = 3$ ), digamos a 45 grados (1,1) tendríamos

$$\begin{aligned} B_3 &= (Q-1)|p_1| + (P-1)|q_1| + 1 \\ &= (16-1)(1) + (16-1)(1) + 1 = 31. \end{aligned} \quad (20)$$

Tendríamos pues un vector de características de 63 elementos (teníamos 32).

## Conclusiones

La TM no reduce el número de datos si se requiere reconstruir la imagen (invertir la TM). El criterio de Katz indica

el número de proyecciones y direcciones necesarias para ello. Esto significa que el número de elementos de cada proyección sea variable y en aumento.

Si tenemos la condición

$$N \leq \sum_{i=1}^I |p_i|, \quad (21)$$

podríamos investigar cómo encontrar las direcciones que den el menor tamaño en  $B$ . Si seleccionamos una  $I = 3$

$$|p_1| + |p_2| + |p_3| \geq N. \quad (22)$$

Tomando las proyecciones (1,0) (0,1) y  $(p_3, q_3)$ , sólo nos quedaría por encontrar esta última, ya que (1,0) y (0,1) dan el menor tamaño, posiblemente. Así si  $N=16$ ,

$$\begin{aligned} p_3 &\geq N - |p_1| - |p_2| \\ p_3 &\geq 16 - 1 - 0 = 15. \end{aligned} \quad (23)$$

De todas maneras esto daría un tamaño para  $B_3 = 241$  elementos!

Consideramos que lo que se debe investigar es qué propiedades tienen las dos primeras proyecciones (a 0 y 90 grados). Además sin cumplir con el criterio de Katz, ver si estas propiedades permiten el reconocimiento de algún alfabeto pequeño. Quizá todo el alfabeto de caracteres alfanuméricos no sea adecuado, si no más bien un tamaño reducido y de ciertas características.

## Bibliografía

- [1] [http://es.wikipedia.org/wiki/Reconstrucci3n\\_tomogr3fica](http://es.wikipedia.org/wiki/Reconstrucci3n_tomogr3fica)
- [2] O. Ramos Terrades, E. Valveny, "Radon Transform for Linear Symbol Representation", *Proc. of the Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2003)*. Vol. 1, pp. 195-199, Edinburgh, Scotland, 3-6 August, 2003.
- [3] N. Normand, J. P. Guédon, "La transforme Mojette: une representation recordante pour l'image", *Comptes Rendus Academie des Sciences de Paris, Theoretical Comp. SCI. Section*, pp. 124-127, 1998.
- [4] Serf3z3 P., V3s3rhelyi J., Analysis of Mojette Transform Implementation on Field Programmable Gate Array, 7th International Symposium of Hungarian Researches on Computational Intelligence, Nov. 24-25, pp. 255-266, 2006.

- [5] B. Parrein, N. Normand, J.P Guédon, “Multiple Description Coding Using Exact Discrete Radon Transform”, *Proc. of the Data Compression Conference (DCC’01)*, 2001.
- [6] József Vásárhelyi, Péter Serfözö, “Analysis of Mojette Transform Implementation on Reconfigurable Hardware,” *Dagstuhl Seminar Proceedings 06141, Dynamically Reconfigurable Arcuitectures (2006)*.
- [7] Guedon, J. P. – Parrein, B. – Normand, N., *Internet Distributed Image Databases, Int. Comp. Aided Eng., Vol. 8*, pp 205 –214, 2001.
- [8] Katz, M., *Questions of uniqueness and resolution in reconstruction from projections*, Springer Verlag, Berlin, 1977.
- [9] A. Kingston, B. Parrien, and F. Asstrusseau, “Redundant Image Representation via Multi-scale Digital Radon Projections,” *International Conf. on Image Processing, United States, April 2008*.
- [10] A. Kingston, S. Colosio, P. Campist, F Asstrusseau, “Lossless Image ompresion and Selective Encryption Using a Discrete RAdon Transform,” *International Conf. on Image Processing, United States (2007)*.
- [11] Turán, J. Ovsenik, L. Benca, M. Turán, J. Jr., *Implementation of CT and IHT Processors for invariant Object Recognition System, Radioengineering, Vol. 13, No 4*, pp. 65-71, 2004.
- [12] J. P. Guédon and N.Normand, “The Mojette Transform: The First Ten Years”, *Discrete Geometry for Computer Imagery, Poitier, France, 2005*.

## Acerca del autor o autores

Los autores son profesores de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Autónoma de Zacatecas, López Velarde 801, Centro. Zacatecas, Zac, 98000. México. Cubren los programas académicos de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, y el de Ingeniería en Computación.

# Discrete-event simulation using estimation of distribution algorithm

Ricardo Pérez, Alberto Ochoa-Zezzatti, Jöns Sánchez and Arturo Hernández

## *Simulación de eventos discretos usando un algoritmo de estimación de distribuciones*

Recibido: noviembre 2, 2011

Aceptado: diciembre 13, 2011

Palabras clave: Modelos de simulación; sistemas de manufactura; investigación de operaciones

### **Abstract:**

*The science of decision making or operations research (OR) is present in all levels and in all industries. The Industrial Optimization can carry out the decision-making through analysis of the operation of any system, formulation and use of models to achieve the proposed goals and targets, with proper utilization of available resources. Its scope is very broad, applying to problems of manufacturing, transportation, construction, telecommunications, planning, financial management, health sciences, and services, among others. In this preliminary work, we present a hybrid proposal between discrete event simulation and a distribution estimation algorithm; our goal is to contribute to knowledge in the area. This work is being developed in a manufacturing plant where steel doors and frames are parallel activities.*

**Keywords:** simulation models; manufacturing systems; operations research

**I**N general, decision making can be applied in all problems related to the management, planning and design [2]. The companies designed to comply lots of product orders or high volume production processes in services have highly repetitive tasks [3]. In these cases the task scheduling is often used to determine the sequence of production batches of a product or service for compliance with delivery order date [3]. Also in a manufacturing context, task scheduling can be used to balance the workload among operators [3].

One of the problems that occur naturally in some companies is the flow-line in manufacturing systems [1]. The problem is how to sequence tasks in machines as efficiently as possible. If not done wisely, this can present an opportunity cost (economic loss) for the company. Therefore, it is important to find the order in which it must process all the tasks in the line to minimize the time of completion [1]. This research aims to analyze and find a better way of implementing the planning of operations in a manufacturing line of steel doors, and by doing a proper scheduling of manufacturing operations, the following objectives are expected to be achieved:

1. Reducing inventories in process within the manufacturing line: to be able to develop different production scenarios with different orders to produce and have the

best possible sequence for these scenarios, it seeks to reduce the inventory of materials and components required in manufacturing, ie to have intelligently only required material and not in excess.

2. Improve occupancy time and the equipment operators: to determine the best sequences for different production scenarios also seeks to find appropriate and justified amount of resources, resulting in a more slender, ie, with greater occupancy rate of personnel and equipment, reduced downtime, reduced extra time spent in production and associated costs, thereby achieving greater productivity.
3. Reduce the average time process flow for each product: clearly having software solutions to manufacturing operations, we will be able to determine the stage that significantly reduces the average flow time expected orders to be processed so as to be produced.
4. Generate efficient alternative policies for the proper sequencing and dispatch of orders: to demonstrate that there are better alternatives for sequencing and delivery of current orders, we want to get a solid knowledge a priori of the impacts that may arise if not considered possible programming options.
5. To systematize the programming decisions at various scenarios, to improve productivity and capacity: establishing clear and well defined guidelines for programming operations.

With a proposed hybrid between discrete event simulation and an estimation algorithm distributions, our goal is to contribute to knowledge in the area:

1. Since we do not have enough current references in the literature on estimation of distribution algorithms in the field of programming operations with discrete event simulation hybrid proposal.
2. The search for solutions to current questions of scheduling operations in manufacturing doors for the capacity, productivity and changes in scenarios.

## Basic concepts

There are often conflicts between jobs that use the same resources because it can process only one job at a time [3].

Solving the task scheduling is to decide, for each conflict between tasks and resources, which of the tasks must be executed before [3]. The task scheduling problem is on the allocation of limited resources to certain areas or operations through a certain period of time [9]. Usually the purpose is established by defining the order of tasks per resource allocation that minimizes the completion time of all jobs, also known as makespan [3]. Other possible targets are:

- Minimize the delay of work.
- Minimize time in the system.
- Minimize work in process inventory.
- Minimizing the maximum delay in delivery.
- Minimize the average time of completion of work, among others.

---

### Task scheduling is used to decide which of the tasks must be executed first

---

The nature of the task scheduling problems is combinatorial and therefore the time required to find the optimal solution grows exponentially with the number of tasks considered [3]. In fact, the problem posed by Muth & Thompson in 1959 in which the objective is to minimize the makespan for 10 jobs 10 machines could not be solved optimally up to 20 years [3]. Research in the field of sequencing and scheduling (sequencing and scheduling) has been extensive [2]. Early efforts have been developed by Johnson [9]. Results of computational complexity, exact optimization schemes and approximation algorithms have been tested in several areas [4].

A method as those amply used in other contexts of production and mathematical programming is not appropriate in this area, since their ILP mixed formulation results in high running times, for actual size problems, which makes it little advisable [3]. Other procedures are heuristics. These are based on logical rules extracted from the user experience to generate valid solutions in reasonable times [3].

For four decades, have proposed heuristics that find approximate solutions almost immediately [6]. For scheduling

problems Baker [7] published compendia of heuristic methods, while authors such as Campbell et al. [8] popularized their specialized heuristics. A useful example is the special case where problems are considered as 2 machines, it has been solved by Johnson [1]. Johnson's rule is an exact algorithm, which gives the optimal sequence for 2 machines problem with  $n$  tasks [1]. As is well known in the area, when the problem is greater than or equal to 3 machines, there is no simple rule that provides an optimal solution to the problem [1]. Most problems in this area are combinatorial optimization problems and a large proportion of them belong to the class of NP-hard problems. NP-hard problems are a subset of the class NP (problems which can not have a solution in polynomial time for all instances) with the characteristic that all problems of this kind can be reduced to NP [9]. The problems which can find a solution algorithm in polynomial time form the P type, which is a subset of the class NP [9]. NP-hard problem arises when an algorithm that tries to fix it, increases its running time, in the worst case, exponentially to the size of the problem [9].

Heuristic algorithms are easily generalized to several types of problems, such as genetic algorithms, simulated annealing or tabu search; these are called metaheuristics algorithms [3]. Most of them emulate processes that occur in nature. Thus, genetic algorithms mimic the process of natural selection over successive generations of individuals representing possible considered solutions. The new individuals are created across couples who are selected giving preference to those solutions with better objective function value (fittest to the environment) [3]. Given the importance of the scheduling problem from the beginning, genetic algorithms, with different variants have been successfully applied to this problem [5]. Some authors have gone to the area of evolutionary computing, seeking efficient storage structures of chromosomes and variations in breeding and mutation operations to obtain better results in such problems [5]. Genetic algorithms are efficient metaheuristics problems, as they perform a good balance between search space exploration and exploitation of subschemes which are encoded within the solutions. For this reason, variation mechanisms are used that are sensitive to the selected representations and often require knowledge of its behavior for fixing the values of its parameters [10]. However, the estimation of distribution algorithms EDAs (Estimation of Distribution Algorithms) are a class of algorithms based on evolutionary computing paradigm mechanisms that replace variation

(crossover and mutation) traditionally used by evolutionary algorithms. The population of new solutions are generated by simulating a probability estimate produced by the information of the solutions generated in previous iterations [10]. They are derived from evolutionary computation approaches, unlike those that simulate a probability distribution and variation mechanisms require. Estimate a probability distribution requires a process of learning from data models that are produced by feedback information. The performance observed in FDTs approaches, it is very promising, both from the standpoint of the quality of the solutions generated, and the speed of convergence of the algorithm (number of tests required). However, learning the probabilistic model is usually the most costly step in terms of computation and the need to promote new ways to reduce the computational cost, which represents the main weakness of this novel method [10]. Furthermore, to adequately handle the actual dynamic environments, where there are discrete events that affect system performance, as is the case for the manufacture of steel doors, simulation modeling is used. The discrete event simulation is an important branch that has contributed to the successful definition of programs of operations due to the possibility of integrating the conditions of the manufacturing environment not only for the machines or processes but also the human factor involved in the operations of different companies [11].

The discrete event simulation significantly supports those decisions where it is difficult to predict with certainty the scenarios that would result if some detail was not considered or omitted at the time of program operations, making the simulation not only an additional tool to the decision maker, but also a technique which reduces the economic impact of these complex decisions. [11] demonstrates the benefits achieved globally. The construction of complex models in manufacturing becomes accessible through current technology in simulation and accelerates the ability to identify opportunities to schedule operations and detect impacts that generates the same schedule. Experimentation and analysis done through simulation can integrate the experience of making decision makers optimize what has already been discussed above, only with a wider focus, where multiple constraints and objectives can be met through simulation.

The simulation makes it possible to analytically evaluate complex models of manufacturing, reducing the risk of poor planning and predicting impacts well in advance not only in programming operations, but in actual production.

[11,12,13,14] set out simulation modeling that has been implemented by corporations around the world, the objective was to improve the design and operation of their systems as stochastic process, getting complex analytical expressions for the variables of input / output. Furthermore, when the system interdependence and variability increase, not only decreases the performance, but also the ability to predict human resource performance [15].

-----

**Simulation allows to analytically  
evaluate complex models of  
manufacturing, reducing the risk  
of poor planning and predicting  
impacts well in advance not only  
in programming operations, but in  
actual production**

-----

The simulation process illustrates what would happen to a system under a particular configuration. This configuration includes the program for the system, the physical arrangement of the machines, the rules of information flow and work as well as failures and expected shifts. The criteria can be included in the route to give higher priority to certain events over others, including failure to follow through on the other most important operation, or you can create files to show the expected time of commencement and termination for each job. Thus, the simulation can perform sequencing once the basic information and orders process defined in the model. In fact, it can feed alternative production programs via spreadsheets and create different scenarios to consider several alternatives. The result of each stage can be analyzed simultaneously, so that the best sequence is chosen. However, the simulation is not a pure programming system, as in an MRP II or a package of production scheduling. For the simulation to be credible, it must consider the occurrences of real life and the randomness and interdependence between resources and parts, operators, among others, while in a production program, that cannot be considered [13]. This paper settles a proposed hybrid able to find good solutions in reasonable smaller times.

## Solution methodology

This paper poses the problem of finding a sequence of  $n$  tasks in a flow line (flow shop) of  $m$  machines that minimizes the number of tasks that are delivered late. Mathematically the problem is to find a permutation of the tasks that allows to give the least number of late tasks which is a typical problem of sequencing tasks. It is important that the tasks meet specified delivery times, because in most cases, the violation of these days involves a penalty [2]. In a flow line, it has a set of  $n$  tasks that must be processed in a set of  $m$  machines each one. Each task has the same order of routing through the machines, ie each of the tasks should be processed first in the machine 1, then the machine 2, and so on until the machine  $m$ . It is assumed that each task is initially available and it has a delivery time, also the sequence of tasks on each machine is the same and each machine must process one task at a time [2]. The processing time of task  $j$  on machine  $i$  is denoted by  $p_{ij}$ . The delivery time task  $j$  is denoted by  $d_j$ . The time when a task exists in the system (ie, time of task completion in the last machine which needs to be processed) is a variable that is denoted by  $C_j$  [2]. Penalty unit (variable) of the task  $j$  is defined in the equation (1) as:

$$U_j = \begin{cases} 1, & \text{if } C_j > d_j \\ 0, & \text{if } C_j \leq d_j. \end{cases} \quad (1)$$

The goal is to find a sequence of  $n$  tasks to minimize the number of tasks that are delivered late. The function to be minimized is called the objective function [2]. Then the objective function (see Equation 2) is represented as:

$$\min \sum_{j=1}^n U_j. \quad (2)$$

To minimize this number, it should be found a sequence that optimizes this objective function (ie, delivering the lowest number of late tasks) [2]. We start from the position of developing a hybrid proposal between discrete event simulation and an estimation algorithm that offers better solutions distributions in scheduling operations. Therefore the hybridized proposal (see Figure 1) is generally described as follows:

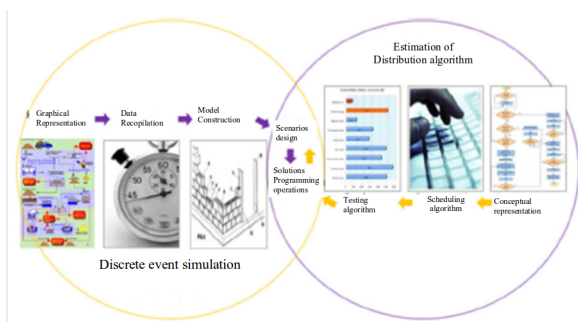


Figura 1. Hybrid proposal system to resolve Discrete event simulation.

We start from the position of developing a hybrid proposal between discrete event simulation and an estimation algorithm

For the case of discrete event simulation we have the following phases:

1. Generate a visual and conceptual representation of the manufacturing process, where the variables show the greatest impact on the process, define outputs or specific numerical values under study, the inputs such as initial operating conditions, a priori known values of operation, and uncertain values with a probability distribution.
2. Data collection processes, operators, equipment and measurements for each of the different product models offered by the company. Then analyze the data to determine probability distributions that fit those processes in order to correctly represent the real situation of manufacturing.
3. Building the model through specialized software that is flexible and practical in its construction, which would modify the operating conditions and dynamically generate real operating scenarios that can later be validated with a level of certainty to ensure that the constructed model makes it possible to analytically evaluate complex models of manufacturing of doors,

reducing the risk of poor planning and predicting impacts well in advance not only in programming operations, but in actual production.

4. Develop scenarios to detect impacts, it generates operations scheduling, or some detail that was not considered or omitted, illustrating what would happen under particular operating conditions.

For the case of the estimation algorithm distributions, we have the following phases:

1. Generate a conceptual graph and the steps to be executed by the algorithm for estimating distributions.
2. Scheduling algorithm for estimating distributions in a powerful and versatile language capable of receiving and transferring information to the simulator.
3. Performance testing and performance of the algorithm is programmed to ensure that is feasible and responsive to the demands for which it was programmed, according to the current literature.
4. Transfer the algorithm simulator scenarios to process and determine the best scheduling solution operations to determine the optimal sequence for each scenario.

Once you have software solutions, you will proceed to validate these solutions in terms of operation, to ensure that such sequences can be implemented without hindrance.

## Conclusion

This work is being developed in a manufacturing plant where steel doors and frames are parallel activities, and it is expected to make this hybrid proposal successful. In the Brewing Industry its hybrid proposal was successful. To the extent that the scheduling of operations is to produce better alternative solutions in the manufacture of steel doors for programming operations, there will be a contribution of knowledge in this field.

## Bibliografía

- [1] M.L. Valenzuela y R.Z. Rios. “Comparando métodos heurísticos para secuenciar tareas en líneas de flujo”. Ingenierías, UANL, 7(25), pp. 35-39, Oct - Dic, 2004.



- [2] M.A. Salazar y R.Z. Rios. “Minimización heurística del número de tareas tardías al secuenciar líneas de flujo”. Ingenierías, UANL, 7(23), pp. 52-57, Abr - Jun, 2004.
- [3] P. Sanchez y S. Lopez de Haro. “Programación de tareas, un reto diario en la empresa”. Anuales de Mecánica y Electricidad, UPCO, pp. 24-30. May – Jun 2005.
- [4] R.Z. Rios y J.F. Bard. “Secuenciando óptimamente líneas de flujo en sistemas de manufactura”. Ingenierías. UANL. 4(10). pp. 38-45. Ene – Mzo. 2001.
- [5] B. Pérez y M.A. Osorio. “Análisis comparativo de heurísticas para el problema de calendarización de trabajos con transferencia cero”. 1er Congreso Mexicano en Computación Evolutiva (COMCEV), Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), pp. 43-54.
- [6] S.H. Zanakis y J.R. Evans. “Heuristic Optimization: why, when, and how to use it”. Interfaces. 11(5). October 1981.
- [7] K. Baker. Introduction to sequencing and scheduling, John Wiley & Sons, New York 1974.
- [8] H.G. Campbell. R.A. Duder y M.L. Smith. “A heuristic algorithm for the n-job, m-machine sequencing problem”. Management Science. 45(4). pp. 630-637. 1970.
- [9] E. Delgado. C.J. Cortés. O. Duarte. “Aplicación de algoritmos genéticos para la programación de tareas en una celda de manufactura”. Ingeniería e Investigación. Universidad Nacional de Colombia. 25(2). pp. 24-31. 2005.
- [10] D. Pandolfi. A. Villagra. G. Leguizamón. “Algoritmo de Estimación de Distribución aplicado al problema de secuenciamiento de Flow Shop”. XII Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, pp. 1-6. 2007.
- [11] SJE Taylor; S. Robinson. So where the next? A survey of the future for discrete-event simulation. Journal of Simulation 0, pp. 1-6. 2006.
- [12] Diamond, R.; Harrell, R.C.; Henriksen, O.J, Nordgren, B.W.; Pegden, C.D., Rohrer W.M.; Waller, P.A.; Law, M.A. The current and future status of simulation software (Panel). Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, pp. 1633–1640. 2002.
- [13] Harrell, R. C.; Ghosh, B. K.; y Bowden, R. O. Simulation Using Promodel. 2nd edition. McGraw-Hill, New York. 2004.
- [14] Rosen, S. L.; Harmonosky, C. M.; and Traband, M. T. Optimization of systems with multiple performance measures via simulation: Survey and recommendations. Computers & Industrial Engineering 54(2) pp. 327-339. 2008.
- [15] Lloyd, S. y Melton, K. Using Statistical Process Control to Obtain More Precise Distribution Fitting Using Distribution Fitting Software. Simulators International XIV 29(3), pp. 193-98. 1997.

### Acerca del autor o autores

Ricardo Pérez and Jöns Sánchez are with CIATEC, México. Alberto Ochoa-Zezzatti is with the Juárez City University México, and Arturo Hernández is with CIMAT, México. [alberto.ochoa@uacj.mx](mailto:alberto.ochoa@uacj.mx)

## INSTRUCCIONES PARA AUTORES

DIFU100ci@ (léase difuciencia) es una publicación cuatrimestral del Cuerpo Académico de Procesamiento e Instrumentación óptica, de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas. Tiene como objetivo difundir conocimientos científicos y tecnológicos del área de la ingeniería, a través de artículos de divulgación y artículos que muestren temas de investigación. La revista cuenta con el Certificado de Reserva de Derecho al Uso Exclusivo del Título expedido por el INDAUTOR, Reserva: 04-2010-110314331900-102.

Los trabajos pueden ser clasificados, al menos, en tres categorías: Divulgación, Investigación, y Tutoriales.

**Divulgación:** Artículos que no necesariamente contienen resultados de proyectos de investigación propiamente. En esta sección también se podrán incluir trabajos que presenten nuevos enfoques a temas de investigación de modo que permitan ampliar su difusión.

**Investigación:** Se pueden incluir resultados de investigación aunque conservando el enfoque a la divulgación, es decir, no necesariamente con el rigor de un “paper”. Con ese enfoque se pretende motivar aun mayor número de lectores al hacerles llegar los nuevos tópicos que se estudian actualmente. Los trabajos sobre desarrollo tecnológico pueden ser considerados en esta categoría y se recomienda que un mayor número de trabajos correspondan a esa importante tarea.

**Tutoriales:** Se muestran temas novedosos, pero poco conocidos. O bien, nuevos enfoques a temas básicos, con un objetivo didáctico, de modo que permitan ampliar el conocimiento y motiven su aplicación en proyectos de ingeniería (desarrollo tecnológico). Página provisional de la Revista:

<http://www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm> **Sobre el formato del texto:** Los trabajos se pueden enviar en formato txt y las gráficas o figuras en formato jpg con buena resolución. De ser posible debe enviarse un solo archivo rar o zip que contenga tanto el texto como las figuras. En el caso de utilizar Word, se deberá enviar en formato .doc, sin utilizar macros (no se aceptará formato docx). También se aceptarán trabajos en formato OpenOffice. No se solicita ningún formato de página en especial, ya que el texto será llevado al formato de la revista. El trabajo debe incluir

1. Título y Lista de autores.
2. Resumen en un máximo de 200 palabras. El Resumen se utiliza como descripción del trabajo en el índice ampliado, y no aparece en el cuerpo del documento (ver algún número anterior como muestra).
3. Cuerpo del documento: El título de las Secciones será en MAYÚSCULAS, debidamente acentuadas. Las Subsecciones en minúsculas con la primera letra en mayúscula.
4. Las ecuaciones deberán indicarse lo más claramente posible, aun en formato txt. Por ejemplo:  $H(\omega_1) = z^2 / (z - 0.5)$  where  $z = e^{(j)\omega_1}$
5. Biografía de los autores. El lugar de adscripción se incluirá en una sección “acerca del autor” donde se podrá incluir una breve descripción del puesto que desempeña o ha desempeñado cada autor.

El autor principal deberá enviar debidamente llenado y firmado el formato de “cesión de derechos”, manifestando además que el trabajo no ha sido publicado previamente.

#### POLÍTICA EDITORIAL:

Los originales serán sometidos a un proceso editorial en varias fases. En primer lugar, los artículos recibidos serán objeto de una evaluación preliminar por parte del Comité Editorial, quien determinará la pertinencia de su publicación, con base a los requisitos temáticos. En la segunda fase, los artículos son enviados a dos pares académicos externos, quienes determinarán en forma anónima uno de los siguientes dictámenes: a) publicar sin cambios, b) publicar después de cumplir correcciones menores, c) publicar una vez que se haya revisado a fondo, d) rechazar. En caso de discrepancia entre los dos árbitros, el texto será enviado a un tercer árbitro, cuya decisión definirá si es aceptado o rechazado. Los resultados del proceso del dictamen son inapelables en todos los casos.

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

DIFU100ci@ (read difuciencia) is a quarterly publication of the Processing and Optical Instrumentation Academic Group, Faculty of Electrical Engineering, Universidad Autonoma de Zacatecas. It aims to disseminate scientific and technological knowledge in the field of engineering, through application oriented articles and articles showing research topics. The magazine has a certified copyright number for exclusive use of the title issued by INDAUTOR, Reserve: 04-2010-110314331900-102.

**Aims and Scope:** The articles can be classified in at least three categories: Divuligation, Research, and Tutorials.

**Divuligation:** The articles do not necessarily contain results of research projects themselves. This section will also include works that showcase new approaches to research subjects so as to broaden its distribution.

**Research:** The articles include research results while maintaining the focus on disclosure (divuligation), ie not necessarily with the rigor of a “paper”. This approach is intended to motivate even more to bring readers to the new topics that are studied today. Works on technological development can be considered in this category and it is recommended to have more articles related to this important task.

**Tutorials:** These include new issues, but little known. Alternatively, they may include new approaches to basic knowledge, with a didactic purpose, so that will expand knowledge and encourage its application in engineering/technological projects. Provisional Web site of the Magazine: <http://www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm>

**Format for submmision:** The work can be sent in .txt formats and graphics or pictures in .jpg format with good resolution. It will be acceptable to send a single .zip or .rar file containing both the text and figures. In the case of using word, it must be sent in .doc format without using macros (.docx format is not accepted). It will be also accepted as an OpenOffice file. It is not requested any page format, especially since the text will be brought to the format of the magazine.

The article should include:

1. Title.
2. List of authors.
3. Summary in a maximum of 200 words. The summary is used as the article description in the expanded index, and does not appear in the document body (see a previous issue as a sample).
4. Main body of document. The title of the section will be in UPPERCASE, properly spelled. Subsections must be written in lowercase with the first letter capitalized.
5. The equations should be indicated as clearly as possible, even in txt format. For example:  
$$H(\omega_1) = z^2 / (z - 0.5) \text{ where } z = e^{(j)\omega_1}$$
6. Biography of the authors. The actual job position will be included in a section “about the author” which may include a brief description of the position played or had played each author.

The lead author must submit the duly completed and signed form of “transfer of rights”, saying that the work has not been published previously.

#### EDITORIAL POLICY:

Manuscripts will undergo an editorial process in several phases. First of all the items received will be subject to a preliminary assessment by the Editorial Committee, who will determine the relevance of its publication, based on thematic requirements. In the second phase, items are sent to two external academic peers, who determine anonymously one of the following opinions: a) accept unchanged, b) accept after serving minor corrections, c) accept once it has been fully reviewed, d) reject. In case of discrepancy between the two arbitrators, the text will be sent to a third arbitrator, whose decision will define if it is accepted or rejected. The results of the opinion process are final in all cases.

