

XI Congreso de Ingeniería de Organización
International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management
Madrid, September 5th-7th 2007

Revisión y clasificación de los métodos de categorización de la demanda

M^a Eugenia Babiloni Griñón, Manuel Cardós Carboneras,
José Miguel Albarracín Guillem, Marta E. Palmer Gato

Dpto. de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n. 46022. Valencia.
mabagri@doctor.upv.es, mcardos@omp.upv.es, malbarr@omp.upv.es, marpalga@omp.upv.es.

Resumen

En la categorización de la demanda aplicada a la gestión de inventarios no existe una estandarización ni en cuanto a la definición de patrones de demanda ni en cuanto al método para hacerlo. El objetivo del artículo es revisar y clasificar los métodos de categorización de demanda más relevantes, con el fin de conocer qué patrones de demanda se definen en ellos y sus características más relevantes. Los métodos se han clasificado en tres grupos: (1) basados en la partición de la varianza; (2) basados en la precisión de los métodos de previsión; y (3) basados en la forma de la distribución de probabilidades de la demanda.

Palabras clave: Categorización de la demanda, demanda intermitente, gestión de inventarios

1. Introducción

Categorizar la demanda consiste en definir grupos o categorías, según las características del patrón de demanda, con el fin de clasificar los distintos tipos de ítems. Conocer a qué categoría de demanda pertenece un ítem, facilita la selección del mejor procedimiento de previsión y gestión de inventarios, de ahí su importancia. A pesar de ello, no existe una división, definición y caracterización consensuada sobre los distintos patrones de demanda que se pueden encontrar.

En la literatura se asume como definición de demanda intermitente (como por ejemplo en Willemain et al. (1994); Johnston y Boylan (1996); Syntetos y Boylan (2001) entre otros), aquel patrón que cumple que:

- La demanda ocurre aleatoriamente con periodos de tiempo (revisión, aprovisionamiento, etc.) en los que no ocurre demanda alguna.
- Cuando tiene lugar demanda, generalmente es para más de un producto, es decir, no es unitaria.

En el presente artículo se revisan y clasifican los distintos métodos de categorización de demanda encontrados en la literatura. En la segunda sección se exponen los métodos de categorización centrados en la partición de la varianza de la demanda en sus partes constituyentes. En la tercera sección se describe un método de categorización basado en la precisión de los métodos de previsión. En la cuarta sección se incluyen otros métodos de categorización, entre los que se encuentra uno que investiga la influencia de la función de distribución en la intermitencia y algunos ejemplos de métodos de clasificación “ad hoc”. Por último, se exponen las conclusiones alcanzadas.

2. Métodos basados en la partición de la varianza de la demanda

Williams (1984) desarrolla un método de clasificación basado en la partición de la varianza de la demanda en el periodo de aprovisionamiento (DDLT) en sus tres partes constitutivas. Para ello asume que: (a) el número de órdenes que llegan durante un periodo es una variable aleatoria independiente e idénticamente distribuida (IIDRV), con media n y varianza $\text{var}(n)$; (b) el tamaño de las órdenes es IIDRV con media x y varianza $\text{var}(x)$; y (c) el periodo de aprovisionamiento es IIDRV con media L y varianza $\text{var}(L)$. Bajo estas condiciones, Williams propone expresar la ecuación de partición de la varianza de la demanda durante el periodo de aprovisionamiento como:

$$\text{var}(DDLT) = x^2 L \text{var}(n) + nL \text{var}(x) + n^2 x^2 \text{var}(L) \quad (1)$$

es decir,

$\text{var}(DDLT) = \text{varianza debida a } n + \text{varianza debida a } x + \text{varianza debida a } L$,

que expresado en función de sus respectivos coeficientes de variación queda como:

$$C_{DDLT}^2 = \frac{C_n^2}{L} + \frac{C_x^2}{nL} + C_L^2 \quad (2)$$

En base al valor de cada uno de los sumandos de la expresión (2) se puede establecer una categorización de la demanda.

Con el fin de simplificar el problema Williams (1984) supone que: (i) la distribución del número de órdenes que llegan por semana sigue una distribución de Poisson de media λ ; (ii) el periodo de aprovisionamiento es constante ($\text{var}(L)=0$). Por lo tanto la expresión (2) queda como:

$$C_{DDLT}^2 = \frac{1}{\lambda L} + \frac{C_x^2}{\lambda L} \quad (3)$$

El primer sumando de (3) hace referencia al número medio de periodos de aprovisionamiento que hay entre dos demandas consecutivas no nulas, y el segundo a la variabilidad del tamaño de las órdenes de demanda. En función de los valores que toman cada uno de estos dos sumandos (ambos adimensionales) Williams propone la clasificación dada en la Figura 1.

Para el autor, los productos clasificados como A, C y D_1 son poco intermitentes, con demanda frecuente y con tamaños de órdenes poco variables (tipo A) o muy variables (tipos C y D_1). Los productos tipo B presentan grandes periodos sin demanda y tamaños de órdenes poco variables. Por último, los productos tipo D_2 presentan poca frecuencia en la ocurrencia de demanda y gran variabilidad en el tamaño de la misma. Según estas características, los patrones de demanda semejantes al de los tipos A, C y D_1 se califican de *suaves* o *poco intermitentes*, y pueden asimilarse a demanda continua; los semejantes al tipo B como de *lento movimiento* y por último los del tipo D_2 se denominan *intermitentes*. Estos últimos se caracterizan por no presentar más de una orden de demanda durante un periodo de tiempo más o menos largo (aunque no tanto como para considerarlas de *lento movimiento*). Además, cuando se produce una orden no suele ser unitaria.

En cuanto a los límites entre categorías, Williams (1984) propone unos valores obtenidos de la experimentación con datos reales, aunque en la práctica, los valores de estos límites deben establecerse en función del sector, de la tipología de ítem y de la política de gestión que

establezca la dirección.

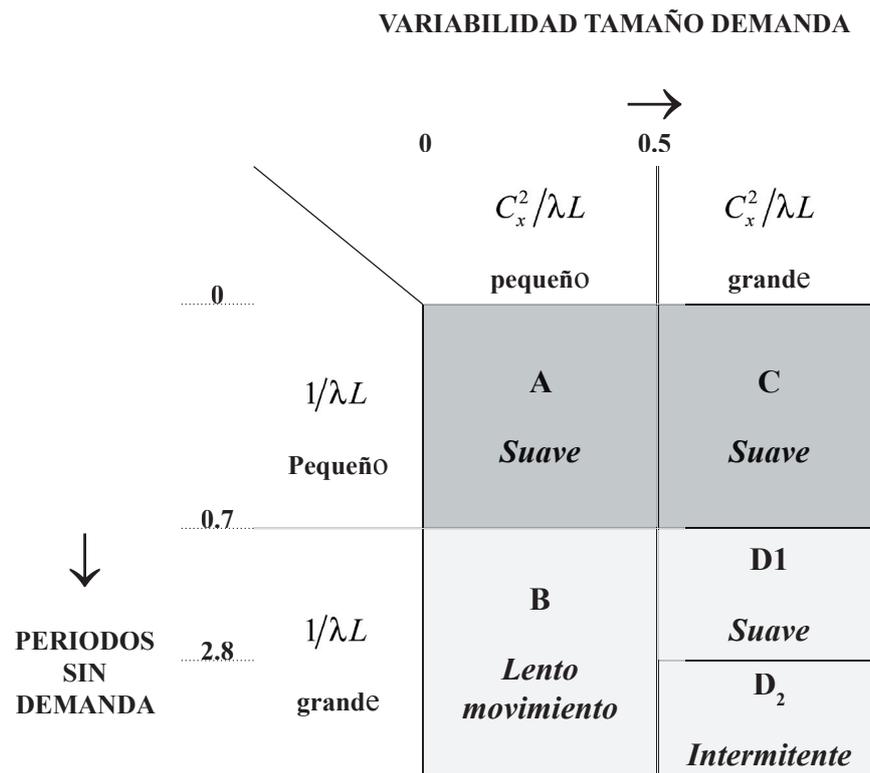


Figura 1. Clasificación de productos según Williams para periodos de aprovisionamiento constantes cuando la frecuencia de demanda sigue una distribución de Poisson de media λ . (Elaboración propia. Fuente: Williams (1984))

En caso de que el periodo de aprovisionamiento no sea constante, retomando la expresión (2), el autor propone una clasificación más general (Tabla 1), donde no se establecen límites de referencia.

Tabla 1. Categorización de la demanda según Williams para periodos de aprovisionamiento no constantes cuando la frecuencia de demanda sigue una distribución de Poisson de media λ . [Fuente: Williams (1984)]

$1/\lambda L$	$C_x^2 / \lambda L$	C_L^2	Tipo de patrón de demanda
Pequeño			<i>Suave, sin grumos</i>
Grande	Pequeño		<i>Lento movimiento</i>
Grande	Grande	Pequeño	<i>Intermitente</i>
Grande	Grande	Grande	<i>Intermitente (con gran variabilidad en el periodo de aprovisionamiento)</i>

Eaves y Kingsman (2004) revisan el método de categorización desarrollado por Williams, aportando una nueva categorización, que contempla más tipologías de demanda, en función del valor de los tres sumandos de la expresión (2). Tal y como ya expuso Williams, el valor de los límites entre categorías es una decisión de la dirección que depende en gran medida del sector de aplicación y justifica, para los autores, que no se incluyan en la clasificación de la Tabla 2.

En la Tabla 3 se comparan y resumen las categorizaciones aportadas por Williams (1984) y Eaves y Kingsman (2004) mediante el método de la partición de la varianza de la demanda.

Tabla 2. Categorización de la demanda según Eaves y Kingsman. [Fuente: Eaves y Kingsman (2004)]

Componentes de la demanda C_{DDL}^2			Tipo de patrón de demanda
Variabilidad del tiempo de transacción	Variabilidad del tamaño de demanda	Variabilidad del periodo de aprovisionamiento	
C_n^2/L	C_x^2/nL	C_L^2	
Pequeño	Pequeño		<i>Suave, sin grumos</i>
Pequeño	Grande		<i>Irregular</i>
Grande	Pequeño		<i>Lento movimiento</i>
Grande	Grande	Pequeño	<i>Intermitente medio</i>
Grande	Grande	Grande	<i>Muy intermitente</i>

Tabla 3. Comparativa :categorización de la demanda según Williams (1984) y Eaves y Kingsman (2004). [Elaboración propia].

C_{DDL}^2			Tipo de patrón de demanda	
C_n^2/L	C_x^2/nL	C_L^2	Williams (1984)	Eaves y Kingsman (2004)
Pequeño	Pequeño		<i>Suave, sin grumos (A)</i>	<i>Suave, sin grumos (A)</i>
Pequeño	Grande		<i>Suave, sin grumos (C y D₁)</i>	<i>Irregular (C)</i>
Grande	Pequeño		<i>Lento movimiento (B)</i>	<i>Lento movimiento (B)</i>
Grande	Grande	Pequeño	<i>Intermitente (D₂)</i>	<i>Intermitente medio (D₁)</i>
Grande	Grande	Grande	<i>Intermitente (D₂) (con gran variabilidad en el periodo de aprovisionamiento)</i>	<i>Muy intermitente (D₂)</i>

3. Métodos basados en el coeficiente de variación de la demanda

En Syntetos et al. (2005) se categoriza la demanda en función de la precisión alcanzada por los métodos de previsión ante distintos patrones de demanda. Con ello no sólo se cumple el objetivo en sí mismo de categorizar la demanda sino que se provee del mejor procedimiento de previsión para cada categoría.

La metodología que se sigue para obtener la categorización es:

1-Seleccionar y comparar distintos métodos de previsión. Los métodos son: (i) el método de Croston [Croston (1972)] (Croston en adelante); (ii) una corrección del método de Croston llevada a cabo por los autores en Syntetos y Boylan (2005) (Syntetos y Boylan en adelante); y (iii) el alisado exponencial simple [Brown (1962)] (SES en adelante).

2-Identificar para qué patrones de demanda cada método es más efectivo. Se establecen “regiones”, delimitadas por el coeficiente de variación de la distribución del tamaño de órdenes de demanda (CV_x) y el intervalo medio entre demandas no nulas (p), para las cuales un método de previsión es más efectivo que otro, y se registra.

3-Definir los patrones de demanda basándose en las regiones identificadas en 2, en lugar de definir previamente los patrones de demanda y luego determinar qué método de previsión funciona mejor para cada categoría particular.

Para comparar los distintos métodos de previsión se utiliza el error cuadrático medio (MSE). El cual, referido a un determinado periodo de aprovisionamiento L , para un método de previsión insesgado se calcula como:

$$MSE_{P.A.} = L \{LVar(\text{estimacion}) + Var(\text{demanda actual})\} \quad (4)$$

Mientras que, para un método de previsión sesgado, se calcula como:

$$MSE_{P.A.} = L \{LVar(\text{estimacion}) + LBias^2 + Var(\text{demanda actual})\} \quad (5)$$

Por lo tanto, un método de previsión A tiene un MSE mayor que un método de previsión B, si y solo si:

$$Var(\text{estimacion})_A + Bias_A^2 > Var(\text{estimacion})_B + Bias_B^2 \quad (6)$$

Según esto, los autores establecen cuatro tipologías de demanda (Figura 2) que quedan definidas implícitamente a través del valor que toma CV_x y p . Los valores límites de éstos dos parámetros se establecen en función de los resultados experimentales obtenidos con respecto a la comparación del MSE de los distintos métodos de previsión analizados en Syntetos y Boylan (2005).

		$p=1.32$	
$CV^2=0.49$	<i>Demanda errática</i>	<i>Demanda "a grumos"</i>	
	SYNTETOS Y BOYLAN	SYNTETOS Y BOYLAN	
	<i>Demanda suave</i>	<i>Demanda intermitente</i>	
	CROSTON	SYNTETOS Y BOYLAN	

Figura 2. Categorización de la demanda según Syntetos et. al. [Fuente: Syntetos et al. (2005)]

Complementando la categorización de Syntetos et al. (2005), Kostenko y Hyndman (2006) proponen, a partir de la clasificación de la Figura 2, una regla que determina cuando es más preciso utilizar Croston frente a Syntetos y Boylan pero sólo para patrones de demanda *suave* (Cuadrante 3 de la Figura 2). Esta regla consiste en utilizar el método de Syntetos y Boylan siempre que:

$$CV^2 > 2 - (3/2)p \quad (7)$$

que se representa gráficamente como:

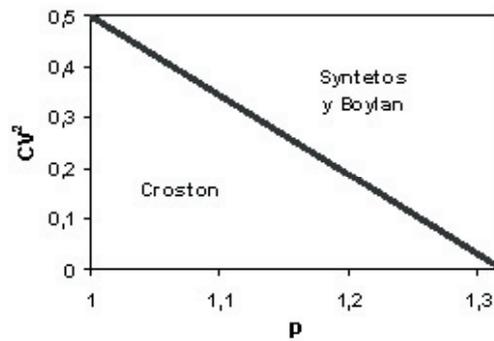


Figura 3. Regla de utilización de el mejor método de previsión en función del patrón de demanda para el cuadrante 3. [Fuente: Kostenko y Hyndman (2006)]

4. Otros métodos de categorización

4.1. Métodos basados en la forma del patrón de la demanda

En Bartezzaghi et al. (1999) y Zotteri (2000) se estudia la influencia de la forma de la distribución de probabilidad de la demanda en la intermitencia de la misma. Para analizar su impacto y lograr diferenciarlo de otros factores que también influyen, como por ejemplo el coeficiente de variación, se analizan seis distribuciones de demanda distintas pero con igual media e igual coeficiente de variación (ver Tabla 4). Dichas distribuciones se caracterizan en función de: (1) la simetría con respecto a la media; (2) la existencia de más de una moda (distribuciones multimodales). Para analizar la influencia de (1) y (2), se lleva a cabo la simulación de un modelo de gestión de inventarios y se evalúa, en función del nivel de servicio al cliente y del inventario neto, el comportamiento de cada una de ellas.

Los resultados de la simulación muestran que, en general, cuanto más irregular y compleja es una función de distribución mayores niveles de inventario se requieren para cumplir con el nivel de servicio objetivo. Sin embargo, el patrón más complejo, F, caracterizado por tener un número de periodos con demanda igual a cero, muestra, bajo ciertas condiciones, unos niveles de inventario necesario inferiores incluso al patrón más sencillo (A). Como se observa en la Figura 4, para niveles de servicio al cliente del orden del 70–85% los patrones de demanda con asimetría por la derecha requieren niveles de inventario algo inferiores que aquellos patrones simétricos o con asimetría por izquierda. Para niveles comprendidos entre el 95–99.99% los patrones con asimetría por la derecha requieren unos niveles de inventario muy elevados. Por lo tanto cuanto mayor es el nivel de servicio al cliente que requiera el sistema de gestión de inventarios más importante es analizar el tipo de asimetría que presenta la demanda, dado el impacto directo que tiene en el inventario.

Para medir la asimetría, se recomienda utilizar el coeficiente de asimetría $Sk = \mu_3 / \sigma^3$, donde μ_3 es el tercer momento de la distribución de demanda y σ la desviación estándar de la misma.

En Bartezzaghi et al. (1999) no se proporcionan valores del Sk como método de categorización de demanda. Sin embargo a través de las Figuras 4 y 5, se puede intuir que, para niveles de servicio superiores a 85%, cuanto mayor es Sk se requiere más inventario. Por el contrario para niveles de servicio al cliente comprendidos entre 70–85% cuanto mayor sea Sk la necesidad de inventario será menor.

Tabla 4. Características de las funciones de distribución analizadas en B artezzaghi et al. [Elaboración propia]

Patrón de demanda		Simetría	Nº de modas	Tipo de mercado	Forma (Media=100)
A	Uniforme	Sí	Una	Mercados estables, con clientes homogéneos.	
B	Normal	Sí	Una		
C	Beta	No (derecha)	Una	Mercado con clientes homogéneos que, generalmente, realizan pequeños pedidos pero que algunas veces piden grandes cantidades	
D	Beta	No (derecha)	Dos (moda mayor con $P=10\%$)	Mercados con muchos clientes pequeños y pocos grandes. Las órdenes suelen ser pequeñas excepto cuando piden los clientes grandes.	
E	Beta	No (derecha)	Dos (moda mayor con $P=5\%$)	Las órdenes grandes aunque esporádicas son de tamaño estable, lo que genera una segunda moda, a diferencia de lo que ocurre en C.	
F	Beta	No (izquierda)	Dos (moda=0 con $P=p_0$)	Mercados con pocos clientes, con poca frecuencia de pedidos. En muchos periodos no hay demanda y cuando tiene lugar generalmente excede a la media	

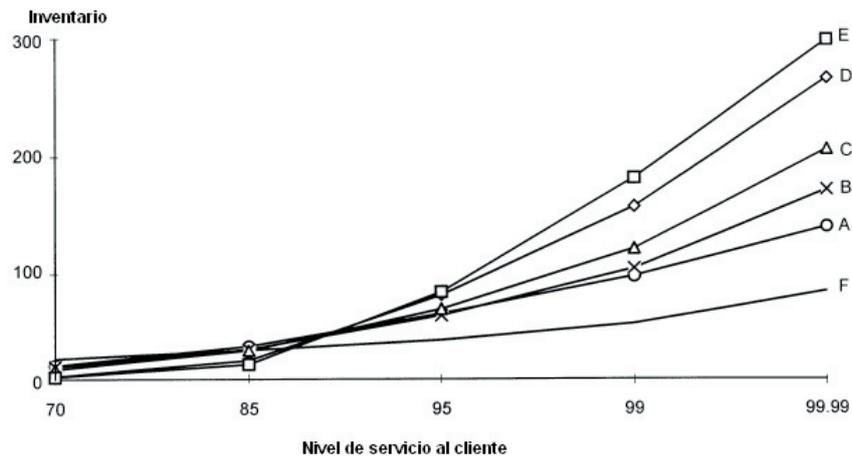


Figura 4. Impacto del patrón de demanda en el nivel de inventario para distintos niveles de servicio al cliente [Fuente: Bartezzaghi et al. (1999)]

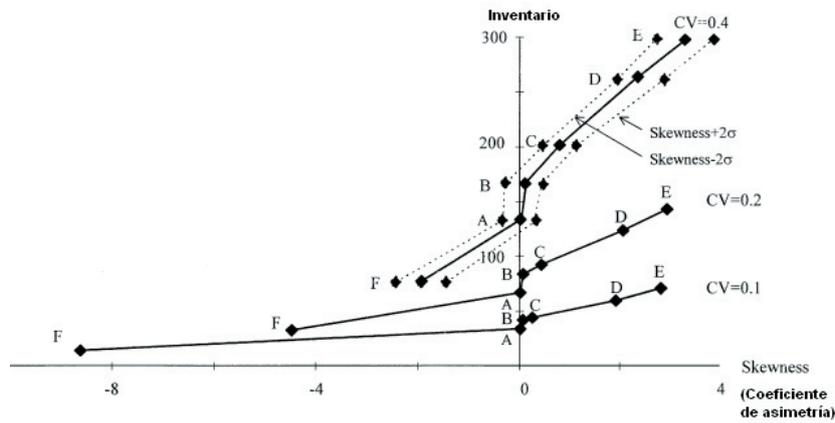


Figura 5. Efecto de la asimetría en el inventario para los patrones de demanda A, B, C, D, E y F (nivel de servicio al cliente=99.99%). [Fuente: Bartezzaghi et al. (1999)]

4.2. Métodos “ad hoc” de caracterización de demanda

Algunas investigaciones utilizan, para su propósito, métodos de clasificación de productos “ad hoc” atendiendo a las características de la demanda de los ítems que están analizando. Tal es el caso, por ejemplo, de la primera aproximación realizada por Williams o del estudio llevado a cabo por Sani y Kingsman (1997). En este último los autores categorizan los datos en cuatro grupos de ítems (Tabla 5) atendiendo a dos criterios: (1) el tamaño de la demanda anual; y (2) el coste unitario del producto.

Tabla 5. Método “ad hoc” de clasificación de la demanda según Sani y Kingsman. [Fuente: Sani y Kingsman (1997)]

Coste unitario (C)	Demanda anual (d)		
	0 ≤ d ≤ 4	4 < d < 14	d ≥ 4
0 < C ≤ £15	B	B	A
£15 < C ≤ £40	C	B	A
£40 < C ≤ £100	C	C	A
C > £100	D	D	A

5. Conclusiones

La categorización de la demanda es, en sí misma, un área de investigación importante para la gestión de inventarios y más aun cuando se tratan con productos de cierta criticidad y cuyos patrones de demanda presentan variabilidad en el tamaño de las órdenes, en la frecuencia de las mismas y en el periodo de aprovisionamiento. A pesar de ello, no existe un consenso sobre qué método de categorización utilizar, siendo las clasificaciones “ad hoc” las más extendidas en la práctica. Tras analizar las distintas categorizaciones se observa que, para cada una de ellas, se requiere de una re-definición de los límites entre categorías, es decir, particularizarlas en función de las decisiones de gestión en cada caso particular de aplicación y de ahí probablemente la falta de generalización.

En consecuencia, están sujetos a futura investigación aspectos tan importantes como la búsqueda de una metodología de categorización que integre algunos de los elementos más interesantes de cada enfoque y que dichas propuestas se formulen de forma que sean aplicables en la gestión de inventarios de empresas tanto industriales como de distribución.

Referencias

- Bartezzaghi, E.; Verganti, R.; Zotteri, G. (1999). Measuring the impact of asymmetric demand distributions on inventories. *International Journal of Production Economics*, Vol.60, No 1, pp. 395-404.
- Brown, R. G. (1962). *Smoothing Forecasting and Prediction of Discrete Time Series*. Prentice-Hall.
- Croston, J. D. (1972). Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands. *Operational Research Quarterly*, Vol.23, No 3, pp. 289-303.
- Eaves, A. H. C.; Kingsman, B. G. (2004). Forecasting for the ordering and stock-holding of spare parts. *Journal of the Operational Research Society*, Vol.55, No 4, pp. 431-437.
- Johnston, F. R.; Boylan, J. E. (1996). Forecasting intermittent demand: A comparative evaluation of Croston's method. *Comment. International Journal of Forecasting*, Vol.12, No 2, pp. 297-298.
- Kostenko, A. V.; Hyndman, R. J. (2006). A note on the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*, Vol.57, No 10, pp. 1256-1257.
- Sani, B.; Kingsman, B. G. (1997). Selecting the best periodic inventory control and demand forecasting methods for low demand items. *Journal of the Operational Research Society*, Vol.48, No 7, pp. 700-713.
- Syntetos, A. A.; Boylan, J. E. (2001). On the bias of intermittent demand estimates. *International Journal of Production Economics*, Vol.71, No 1-3, pp. 457-466.
- Syntetos, A. A.; Boylan, J. E. (2005). The accuracy of intermittent demand estimates. *International Journal of Forecasting*, Vol.21, No 2, pp. 303-314.
- Syntetos, A. A.; Boylan, J. E.; Croston, J. D. (2005). On the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*, Vol.56, No 5, pp. 495-503.

Willemain, T. R.; Smart, C. N.; Shockor, J. H.; Desautels, P. A. (1994). Forecasting Intermittent Demand in Manufacturing - A Comparative-Evaluation of Croston Method. *International Journal of Forecasting*, Vol.10, No 4, pp. 529-538.

Williams, T. M. (1984). Stock Control with Sporadic and Slow-Moving Demand. *Journal of the Operational Research Society*, Vol.35, No 10, pp. 939-948.

Zotteri, G. (2000). The impact of distributions of uncertain lumpy demand on inventories. *Production Planning & Control*, Vol.11, No 1, pp. 32-43.