

La Clasificación ABC Multiatributo de Inventarios con Técnicas de Inteligencia Artificial

Francisco Javier Puente García ¹, Paolo Priore ², Raúl Pino Diez ³, David de la Fuente García ⁴

¹Dr. Ingeniero Industrial. E.P.S. Ingenieros de Gijón. jpuente@etsiig.uniovi.es

²Dr. Ingeniero Industrial. E.P.S. Ingenieros de Gijón. priore@etsiig.uniovi.es

³Dr. Ingeniero Industrial. E.P.S. Ingenieros de Gijón. pino@etsiig.uniovi.es

⁴Dr. Ingeniero Industrial. E.P.S. Ingenieros de Gijón. david@etsiig.uniovi.es

RESUMEN

En este trabajo, se presenta un nuevo método de clasificación de inventarios para una empresa farmacéutica. Frente a la metodología ABC clásica, que discrimina los artículos a clasificar en función de las variables coste unitario y demanda anual, se propone una metodología, basada en técnicas de Inteligencia Artificial, que permite ampliar el análisis a una mayor número de atributos: las Redes Neuronales Artificiales. Para comprobar la fiabilidad del modelo se realiza un análisis comparativo con la clasificación heurística realizada por un experto para un conjunto de 189 referencias mediante el análisis de cinco atributos de entrada. El método propuesto, pone de manifiesto un buen ajuste a la clasificación real de los artículos, mejorando la conseguida con los métodos tradicionales. El trabajo, también apunta nuevas vías de análisis que permitan obtener, por una parte, conocimiento de clasificación en forma de reglas y por otra, la introducción de vaguedad en los atributos de entrada.

Palabras clave: Clasificación ABC, Redes Neuronales, Reglas Borrosas.

1. Introducción.

Tradicionalmente, la clasificación ABC se ha utilizado como método de planificación y control en la gestión de stocks, para evitar una mala asignación de recursos y lograr equilibrar el coste de inventario con la posibilidad de rotura de stocks. Esta clasificación, discrimina las unidades de stock en tres categorías: A – muy importantes; B – moderadamente importantes y C- menos importantes. La pertenencia a una u otra clase se basa en el valor anual de cada ítem, obtenido como el producto entre el valor (coste) unitario del mismo y su rotación anual (Cohen & Ernst, 1988) [1]. Así, al ordenar los valores anuales de los artículos de forma decreciente, y simultáneamente representar el polígono de dichos valores anuales acumulados, se suele obtener una representación en la que alrededor de un 20% de todos los artículos (Clase A) cubriría un 80% del valor anual total del almacén. El siguiente 50% de artículos (Clase B) otro 15% y el último 30% de artículos (Clase C) sólo representa, por lo general, un 5%. Los artículos en el grupo A son los que representan un mayor coste anual para la empresa, mientras que los del C son los de menor importancia. Y, si bien estas clasificaciones no siempre son exactas, sí que reflejan con suficiente precisión el comportamiento de los artículos en una gran mayoría de almacenes (Swamidass, 2000) [2]. El lector interesado en ampliar detalles sobre políticas de control de inventarios basado en clases puede consultar (Silver, Pyke and Peterson, 1998) [3]

Sin embargo, para muchos productos, pueden existir otros criterios relevantes para la gestión de stocks que pueden tener un peso mayor que las variables involucradas en su propio valor anual (por ejemplo la certeza de su suministro, su grado de madurez u obsolescencia o su criticidad -impacto de la rotura de stock-).

En años recientes, se han estudiado varios enfoques para abordar este problema, entre los que pueden destacarse:

- Enfoques multiatributo (Flores and Whybark 1986, 1987) [4]
- Análisis Cluster (Ernst and Cohen, 1990) [5].
- Enfoque AHP (analytic hierarchy process) Saaty (1980) [6], (Gajpal, Ganesh & Rajendran, 1994; Partovi & Burton 1993; Partovi & Hopton 1994) [7], [8], [9].

Hoy en día, con el avance de la tecnología de computación, es posible disponer de metodologías avanzadas de procesamiento de bases de datos para la toma de decisiones, reduciendo el componente humano en tales decisiones. Esto permite lograr mayor precisión y consistencia en el proceso decisorio, a la par que se reduce el tiempo de procesamiento. Por ello, parece factible el empleo de la Inteligencia Artificial en la clasificación de inventarios multicriterio (Guvénir & Erel 1998) [10].

En este trabajo se propone el estudio de una base de datos correspondiente a 189 artículos de una empresa farmacéutica clasificados en categorías ABC según la heurística propia de un experto (Ver anexo I), en función de los valores de cinco atributos valorados para cada ítem:

- a) Coste unitario (€): Coste que le supone a la empresa adquirir esa referencia.
- b) Demanda anual: Número de unidades de una referencia dada que circula por la empresa a lo largo de un año.
- c) Coste de pedido: Coste asociado a la reposición de material.
- d) Plazo de entrega (días): Tiempo que transcurre desde que se lanza el pedido hasta que entra en almacén.
- e) Criticidad del proceso (1-5): Grado de importancia del proceso al que pertenece esta referencia. A mayor importancia corresponde un valor mayor. Se habla de importancia referido a la gravedad que supone para el proceso, con la posibilidad de no poder suministrar piezas al cliente. En cierto modo este atributo está relacionado con la gravedad de una rotura de stock.

El trabajo analiza en primer término, la precisión de clasificación de diferentes tipologías de redes neuronales artificiales frente a la obtenida con la metodología tradicional del valor anual, para después, apuntar nuevas líneas de investigación que permitan extraer conocimiento de clasificación en forma de reglas borrosas y la posibilidad de incluir incertidumbre mediante el tratamiento borroso de los atributos de entrada.

2. Clasificación ABC con el método tradicional.

El Método tradicional ABC establece el ranking de clasificación de ítems en función de sólo dos atributos de entrada: coste unitario y demanda anual. La Tabla 1 muestra los resultados de clasificación obtenidos para las 189 referencias de partida.

		Clasificación resultante			
		A	B	C	Total
A	19 (59.4%)	11	2	32	
B	9	25 (39.1%)	30	64	
C	0	3	90 (96.8%)	93	

Tabla 1: Matriz de confusión para una clasificación mediante el valor anual

Los resultados muestran que se ha clasificado correctamente el 70,8% de las referencias. Fundamentalmente, este método clasifica bien las referencias de tipo C pero no tan bien las de las clases A (59,4% de acierto) y B (39,1% de acierto). Se puede entonces considerar que no es una aproximación buena al tener una alta tasa de fallo en las categorías A y B consideradas como más importantes; así, parece necesario tener en cuenta el resto de atributos a la hora de buscar una clasificación óptima.

3. Clasificación ABC basada en redes neuronales.

Para el estudio de clasificación se han construido Redes Neuronales con cinco neuronas en la capa de entrada (correspondientes a cada uno de los atributos de entrada) y tres neuronas en la capa de salida: (1,0,0) ⇒ Clase A; (0,1,0) ⇒ Clase B; (0,0,1) ⇒ Clase C. Se ha usado como criterio de clasificación: "winner-takes-all" y para el entrenamiento se ha elegido el algoritmo backpropagation. Además, se han preprocesado las señales de entrada mediante una normalización estándar.

Se han separado las 189 referencias de partida en dos grupos: 120 referencias formarán el conjunto de entrenamiento, y 69 formarán el conjunto de validación. Para determinar la óptima estructura de la red, se probaron diferentes combinaciones del número de capas y nodos ocultos (para cada arquitectura se probaron 5 entrenamientos con diferentes conjuntos de entrenamiento y de validación (siempre con 120 y 69 elementos respectivamente). La Tabla 2 muestra las estructuras de red estudiadas.

5-3	5-2-3	5-4-3	5-6-3	5-8-3	5-12-3	5-16-3	5-32-3	5-2-2-3	5-4-2-3	5-4-4-3	5-8-4-3	5-8-8-3	5-16-8-3
-----	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	----------

Tabla 2. Estructuras de las redes neuronales analizadas para la clasificación ABC.

Los resultados obtenidos, mostraron su mejor comportamiento relativo con la estructura 5-4-4-3, en la que tanto el porcentaje de acierto en los casos de entrenamiento, validación, y total, superaban los promedios de porcentaje de acierto de todas las estructuras probadas, a la par que se obtenían las mejores clasificaciones en el conjunto de validación. (Ver Tabla 3).

	Entrenamiento				Validación				Porcentaje total
	Total	A	B	C	Total	A	B	C	
ABC-5-4-4-3	86,2%	80,2%	77,3%	93,8%	81,4%	79,7%	68,9%	91,8%	84,4%
Valores medios	83,5%	66,4%	79,8%	92,2%	79,8%	70,8%	72,5%	87,8%	82,2%

Tabla 3. Porcentajes de clasificación correcta de la mejor estructura de red encontrada.

Al estudiar más en detalle la estructura 5-4-4-3, esto es, dos capas ocultas con cuatro nodos en cada una de ellas, los resultados obtenidos en cada uno de los cinco entrenamientos son los indicados en la Tabla 4.

	Entrenamiento				Validación			
	Total	A	B	C	Total	A	B	C
1	80,8%	78,9%	70,0%	88,5%	81,2%	53,8%	79,2%	93,8%
2	80,0%	63,2%	73,3%	91,1%	82,6%	69,2%	73,7%	91,9%
3	86,7%	81,8%	76,9%	94,9%	79,7%	90,0%	64,0%	88,2%
4	86,7%	87,5%	82,1%	89,2%	78,3%	62,5%	76,0%	89,3%
5	90,0%	80,0%	88,4%	94,7%	81,2%	66,7%	66,7%	94,4%
Media	84,8%	78,1%	78,2%	91,6%	80,6%	67,2%	71,9%	91,6%

	Total	A	B	C
% Referencias bien clasificadas del inventario completo	83,3%	73,8%	75,9%	91,6%

Tabla 4. Resultados de clasificación ABC detallados para la red 5-4-4-3

A la vista de los resultados, se comprueba que la clasificación conseguida con esta tipología de red se ajusta con bastante buena precisión a la obtenida por la heurística del experto.

4. Conclusiones.

En el trabajo se ha puesto de manifiesto, cómo la consideración de técnicas de inteligencia artificial, en concreto, las redes neuronales artificiales, permiten abordar el problema de la clasificación ABC multiatributo para la gestión de inventarios.

Esta técnica, permite aprender el conocimiento heurístico que para la clasificación utiliza el experto, manejando un mayor número de atributos de entrada. Atributos que pueden resultar más relevantes para la clasificación que las variables tradicionales: coste unitario y demanda anual.

Los resultados obtenidos, permiten asegurar la bondad de esta técnica para predecir la clasificación ABC futura de un nuevo artículo, al conseguir elevados porcentajes de acierto en la base de datos analizada.

5. Ampliaciones

Como futuras líneas de investigación, se apunta el estudio de extracción de conocimiento de la base de datos de partida. Para ello, se utilizará el programa NEFCLASS, que permite generar reglas de decisión en problemas de clasificación, mediante el ajuste de las etiquetas borrosas asociadas a los atributos de entrada. Con esta aplicación, parece posible encontrar los atributos de entradas más relevantes a la hora de realizar la clasificación. Por otra parte, se pretende estudiar el problema de clasificación ABC mediante la incorporación inicial de borrosidad en alguno de los parámetros de entrada verificando que el ajuste a la técnica heurística siga siendo aceptable.

Referencias

- [1] Cohen, M. A., & Ernst, R. (1988). Multi-item classification and generic inventory stock control policies. *Production and Inventory Management Journal*, 29 (3), 6-8.
- [2] Swamidass, P. M. (2000). ABC analysis or ABC classification. In P. M. Swamidass, *Encyclopedia of production and manufacturing management*, vol. 1-2. Bostón: Kluwer Academic Publishers.
- [3] Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory management and production planning and scheduling*. New York: Wiley.
- [4a] Flores, B. E., & Whybark, D. C. (1986). Múltiple criteria ABC analysis. *International Journal of Operations and Production Management*. 6 (3), 38-45.
- [4b] Flores, B. E., & Whybark, D. C. (1987). Implementing múltiple criteria ABC analysis. *Journal of Operations Management*. 7 (1), 79-84.
- [5] Ernst, R., & Cohen, M. A. (1990). Operations related groups (ORGs): a clustering procedure for production/inventory systems. *Journal of Operations Management*, 9 (4), 574-598.
- [6] Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York, NY: McGraw-Hill.
- [7] Gajpal, P. P., Ganesh, L. S., & Rajendran, C. (1994). Criticality analysis of spare parts using the analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*. 35 (1-3), 293-297.
- [8] Partovi, F. Y., & Burton, J. (1993). Using the analytic hierarchy process for ABC analysis. *International Journal of Production and Operations Management*. 13 (9), 29-44.
- [9] Partovi, F. Y., & Hopton, W. E. (1994). The analytic hierarchy process as applied to two types of inventory problema. *Production and Inventory Management Journal*, 35 (1), 13-19.
- [10] Guvenir, H. A., & Erel, E. (1998). Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm. *European Journal of Operational Research*. 105 (1), 29-37.

Anexo I : Listado de clasificación de 189 referencias mediante heurística del experto.

	Coste unitario (€)	Demanda anual (uds.)	Coste de pedido (€)	Plazo de entrega (días)	Criticidad del proceso	Clasificación
IT001	1,65	760	1,47	8	5	A
IT002	2,16	95	0,59	7	5	B
IT003	3,73	50	0,59	7	4	B
IT004	2,46	870	0,59	7	5	A
IT005	4,30	5500	0,59	7	5	A
IT006	2,05	100	0,59	15	4	B
IT007	3,85	62	4,30	2	4	C
IT008	9,74	5	2,30	21	2	C
IT009	0,11	28500	0,98	4	5	B
IT010	6,86	45	2,30	21	2	B
IT011	7,23	4	2,30	21	2	C
IT012	7,33	3	2,30	21	2	C
IT013	9,86	3	2,30	21	2	C
IT014	1,27	900	1,47	6	5	B
IT015	0,20	600	0,98	3	4	B
IT016	14,55	2	2,30	21	2	C
IT017	0,17	400	0,98	2	4	B
IT018	7,89	1	2,30	21	2	C
IT019	11,54	2	2,30	21	2	C
IT020	0,02	6500	5,80	1	3	C
IT021	3,01	470	0,59	7	5	A
IT022	3,97	210	0,59	7	5	A
IT023	9,86	2	2,30	21	2	C
IT024	12,75	2	2,30	21	2	C
IT025	1,24	111	0,74	9	4	C
IT026	1,80	21	0,98	1	1	C
IT027	8,58	1	2,30	21	2	C
IT028	13,16	5	0,49	3	1	C
IT029	0,25	1700	0,98	2	4	B
IT030	52,41	4	0,49	3	4	C
IT031	15,75	7	0,49	3	4	C
IT032	9,86	66	0,49	3	4	B
IT033	26,56	7	0,49	3	4	C
IT034	50,55	55	0,49	3	4	B
IT035	5,27	16	0,49	3	4	C
IT036	1,59	5500	2,94	8	5	A
IT037	0,24	75	0,98	1	1	C
IT038	8,59	48	2,94	1	4	C
IT039	5,66	12	2,94	20	4	C
IT040	23,74	45	0,49	3	1	B
IT041	7,45	2	2,30	21	2	C
IT042	0,25	450	0,98	3	5	B
IT043	0,20	870	0,98	3	5	B
IT044	0,15	650	0,98	3	5	B
IT045	3,13	150	0,98	3	5	B
IT046	0,34	1125	16,47	4	4	C
IT047	1,42	450	2,94	15	4	B
IT048	19,23	5	2,94	2	1	C
IT049	8,55	2	2,30	21	2	C
IT050	1,61	2300	1,47	8	5	A
IT051	0,97	325	0,49	1	4	C
IT052	0,84	25	0,98	1	1	C
IT053	7,93	3	2,94	14	4	C
IT054	4,57	815	0,98	3	5	A
IT055	0,43	21	0,98	1	1	C
IT056	6,71	2	2,30	21	2	C
IT057	5,87	4	2,30	21	2	C
IT058	0,36	3100	0,98	2	4	B
IT059	2,82	2450	1,47	7	5	A

V Congreso de Ingeniería de Organización
Valladolid-Burgos, 4-5 Septiembre 2003

	Coste unitario (€)	Demanda anual (uds.)	Coste de pedido (€)	Plazo de entrega (días)	Criticidad del proceso	Clasificación
IT060	4,96	790	1,47	10	5	A
IT061	0,28	500	0,98	3	5	B
IT062	0,08	1200	0,98	3	5	B
IT063	0,02	350	0,98	1	1	C
IT064	1,29	6	2,85	1	3	C
IT065	15,27	40	0,49	15	1	C
IT066	8,96	40	0,49	15	1	C
IT067	14,54	3	0,49	7	1	C
IT068	19,95	160	0,74	15	5	B
IT069	1,59	1200	0,59	4	5	B
IT070	1,38	1800	0,59	4	5	A
IT071	1,42	1300	1,47	4	5	B
IT072	1,51	750	0,59	4	5	B
IT073	1,09	7	2,94	9	4	C
IT074	2,37	80	0,98	1	1	C
IT075	7,94	12	2,30	21	2	C
IT076	7,15	5	2,30	21	2	C
IT077	126,81	1	2,60	21	2	B
IT078	137,63	1	2,60	21	2	B
IT079	72,72	3	2,60	21	2	B
IT080	167,68	1	2,60	21	2	B
IT081	6,01	50	0,59	7	4	B
IT082	5,41	1315	0,59	7	5	A
IT083	5,11	300	0,59	7	4	B
IT084	4,81	200	0,59	7	4	B
IT085	6,61	940	0,59	7	5	A
IT086	2,34	1000	1,47	7	5	B
IT087	2,37	13100	1,47	7	5	A
IT088	6,76	1000	2,94	15	5	B
IT089	2,90	3300	1,47	10	5	A
IT090	2,82	7	2,85	1	3	C
IT091	7,43	1	2,30	21	2	C
IT092	0,22	1350	4,30	21	2	C
IT093	6,83	25	0,59	4	5	C
IT094	4,09	12700	2,94	7	5	A
IT095	5,24	330	0,98	2	4	B
IT096	5,26	100	0,74	7	5	B
IT097	0,01	12200	0,98	1	1	B
IT098	7,95	2	2,30	21	2	C
IT099	1,35	200	1,47	4	4	C
IT100	16,77	10	0,49	15	1	C
IT101	4,75	15	0,49	3	1	C
IT102	2,18	100	2,94	1	4	C
IT103	0,72	1650	2,94	1	4	B
IT104	1,75	1850	0,59	4	5	A
IT105	0,46	6	0,98	1	1	C
IT106	18,88	2	2,94	10	3	C
IT107	0,02	3960	0,49	3	1	C
IT108	2,94	45	0,49	3	1	C
IT109	0,40	80	0,49	3	1	C
IT110	7,97	12	2,30	21	2	C
IT111	0,20	1640	0,98	2	4	B
IT112	6,59	35	2,30	21	2	B
IT113	5,07	3	2,30	21	2	C
IT114	0,57	2300	0,98	2	5	A
IT115	0,29	2100	0,98	2	5	B
IT116	0,02	2100	7,84	1	3	C
IT117	0,31	2500	0,98	2	4	B
IT118	8,35	2	2,30	21	2	C
IT119	2,99	5	2,30	21	2	C
IT120	6,55	50	1,47	4	5	B
IT121	0,21	40	0,98	1	1	C

V Congreso de Ingeniería de Organización
 Valladolid-Burgos, 4-5 Septiembre 2003

	Coste unitario (€)	Demanda anual (uds.)	Coste de pedido (€)	Plazo de entrega (días)	Criticidad del proceso	Clasificación
IT122	1,05	12	0,98	1	1	C
IT123	1,26	750	0,74	7	5	B
IT124	0,52	470	0,49	3	1	C
IT125	0,28	450	0,98	2	2	B
IT126	13,10	2	2,30	21	2	C
IT127	33,92	2	2,30	21	2	C
IT128	2,10	750	0,59	4	4	B
IT129	7,28	70	0,59	4	4	B
IT130	5,77	150	0,59	4	4	B
IT131	11,96	40	0,49	15	1	C
IT132	0,05	1300	0,98	1	1	C
IT133	0,10	250	0,98	7	1	C
IT134	10,34	1	2,30	21	2	C
IT135	18,87	1	2,30	21	2	C
IT136	4,18	28	1,05	1	2	C
IT137	2,62	8	2,30	21	2	C
IT138	3,73	4	2,30	21	2	C
IT139	4,19	4	2,30	21	2	C
IT140	3,25	7	2,30	21	2	C
IT141	0,75	6	0,98	1	1	C
IT142	1,62	1800	1,47	4	4	B
IT143	7,21	275	1,47	4	4	B
IT144	1,74	160	1,47	4	4	B
IT145	2,52	850	0,74	4	5	A
IT146	1,17	19	0,98	4	1	C
IT147	1,35	18	0,98	2	1	C
IT148	3,43	780	0,59	7	5	B
IT149	4,96	50	0,59	7	4	B
IT150	24,76	75	2,94	15	4	B
IT151	3,65	220	0,74	4	5	B
IT152	11,78	12	1,47	2	4	B
IT153	4,75	40	1,47	7	4	B
IT154	4,75	55	1,47	3	4	C
IT155	4,75	415	1,47	7	5	A
IT156	12,75	1	2,30	21	2	C
IT157	6,77	50	0,59	7	4	B
IT158	6,25	200	0,59	4	4	B
IT159	1,14	450	0,98	3	5	A
IT160	0,46	640	0,98	3	5	A
IT161	0,57	600	0,98	3	5	A
IT162	0,02	790	0,98	7	1	C
IT163	0,11	610	0,98	7	1	C
IT164	3,85	3	2,30	21	2	C
IT165	7,01	5	2,30	21	2	C
IT166	26,56	3	2,30	21	2	C
IT167	2,94	5	2,30	21	2	C
IT168	17,37	2	2,30	21	2	C
IT169	17,37	2	2,30	21	2	C
IT170	3,73	360	0,59	4	5	B
IT171	90,15	3	2,94	1	1	C
IT172	72,12	1	2,94	1	1	C
IT173	9,74	3	2,30	21	2	C
IT174	1,06	1220	0,74	4	5	A
IT175	3,49	105	0,74	4	5	B
IT176	2,82	50	0,74	4	5	C
IT177	3,61	295	0,74	4	5	A
IT178	3,61	310	0,74	4	5	A
IT179	3,16	225	0,74	4	5	A
IT180	0,28	890	7,84	1	3	B
IT181	0,40	545	7,84	1	3	B
IT182	0,18	2000	7,84	1	3	B
IT183	9,86	2	2,30	21	2	C

*V Congreso de Ingeniería de Organización
Valladolid-Burgos, 4-5 Septiembre 2003*

	Coste unitario (€)	Demanda anual (uds.)	Coste de pedido (€)	Plazo de entrega (días)	Criticidad del proceso	Clasificación
IT184	2,74	150	1,47	4	5	B
IT185	2,51	1325	1,47	4	5	A
IT186	5,05	590	0,74	7	5	A
IT187	7,49	220	0,74	7	4	A
IT188	11,87	150	0,74	7	4	A
IT189	6,77	1960	0,74	7	5	A