Impacto de la incertidumbre en un modelo estocástico de produción multi-etapas

Impact of uncertainty in a multi-stage stochastic production model

José Emmanuel Gómez-Rocha[1], Héctor Rivera-Gómez[1], Eva Selene Hernández-Gress[2] y Antonio Oswaldo Ortega-Reyes[1]

[1] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (México)

[2] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9813

Los planes agregados de producción tienen un rol muy importante en la industria, típicamente se realizan en periodos de 3 a 18 meses, Jamalnia et al. [2]. Estos planes determinan los niveles óptimos de producción, contratación, despido, inventario, retrasos, subcontratación, etc. Zanjani et al. [1]. Se desarrolló un modelo estocástico multi-etapas aplicado a la planeación agregada de producción de una empresa de muebles donde la variable aleatoria es la capacidad de producción.

La incertidumbre de la capacidad de producción se modela con una distribución de probabilidad normal con parámetros μ y σ. La función objetivo del modelo es la siguiente:

$$\min Z = \sum_{\omega=1}^{N} P^{\omega} \sum_{t=1}^{T} p_t(\omega)\, C_P + \sum_{\omega=1}^{N} P^{\omega} \sum_{t=1}^{T} f_t(\omega)\, C_F + \sum_{\omega=1}^{N} P^{\omega} \sum_{t=1}^{T} r_t(\omega)\, C_R + \sum_{\omega=1}^{N} P^{\omega} \sum_{t=1}^{T} I_t(\omega)\, C_I + \sum_{\omega=1}^{N} P^{\omega} \sum_{t=1}^{T} x_t(\omega)\, C_X + \sum_{\omega=1}^{N} P^{\omega} \sum_{t=1}^{T} s_t(\omega)\, C_S \quad (1)$$

con:

$$w_t(\omega) = w_{t-1}(\omega) + r_{t-1}(\omega) - f_{t-1}(\omega) \quad \forall\, t = 1, \dots, T, \omega = 1, \dots, N, \omega \in \Omega, t \in T \quad (2)$$

$$w_t(\omega) = p_t(\omega) + f_t(\omega) \;\forall\, t = 1, \dots, T, \omega = 1, \dots, N, \omega \in \Omega, t \in T \quad (3)$$

$$x_t(\omega) + I_{t-1}(\omega) = d_t(\omega) + s_{t-1}(\omega) + I_t(\omega) - s_t(\omega) \quad \forall\, t = 1, \dots, T, \omega = 1, \dots, N, \omega \in \Omega, t \in T \quad (4)$$

$$x_t(\omega) \leq \boldsymbol{k_t^{\omega}}\, p_t(\omega) \;\forall\, t = 1, \dots, T, \omega = 1, \dots, N, \omega \in \Omega, t \in T \quad (5)$$

$$I_t(\omega) \geq I_{\alpha} \;\forall\, t = 1, \dots, T, \omega = 1, \dots, N, \omega \in \Omega, t \in T \quad (6)$$

$$d_t(\omega) - s_t(\omega) \geq .90 d_t(\omega) \forall\, t = 1, \dots, T, \omega = 1, \dots, N, \omega \in \Omega, t \in T \quad (7)$$

$$w_t(\omega),\ p_t(\omega),\ r_t(\omega), f_t(\omega), x_t(\omega), I_t(\omega), s_t(\omega), d_t(\omega) \geq 0 \quad \forall\, t = 1, \dots, T, \omega = 1, \dots, N\ , \omega \in \Omega, t \in T \quad (8)$$

La restricción (2) define el balance de trabajadores. La restricción (3) indica la asignación de la fuerza de trabajo. La restricción (4) es el balance de inventario. La restricción (5) determina la capacidad de producción. La restricción (6) define el nivel de inventario mínimo. La restricción (7) es la restricción de nivel de servicio. La restricción (8) indica la no negatividad de las variables de decisión y la expresión (9) define las variables enteras. La notación completa del modelo puede consultarse en Gómez-Rocha et al. [3].

A fin de complementar los resultados presentados en Gómez-Rocha et al. [3], se realizó un análisis de sensibilidad de los parámetros de la distribución normal μ y σ que modelan la incertidumbre de la capacidad de producción k_t^w.

Número de caso	Parámetros		Variables de decisión						Δ-EV (%)	Δ-WS (%)	Δ-EVPI (%)
	μ	σ	P_1	R_1	F_2	X_1	I_1	S_3			
Sensibilidad de la variación de μ											
1	*10*	2	42	1	0	349	199	33	+31.08%	+16.90%	+134.65%
2	*12*	2	33	0	1	324	178	33	----------		
3	*14*	2	30	0	0	328	177	32	-7.06%	-9.66%	+11.92%
Sensibilidad de la variación de σ											
4	12	*1*	29	0	0	321	171	32	-4.10%	-0.06%	-34.55%
5	12	*3*	40	0	16	553	423	33	----------		
6	12	*6*	77	0	6	536	386	33	+145.35%	+21.96%	+1046.77%

Tabla 1: Análisis de sensibilidad

Se observa en la Tabla 1 que cuando μ aumenta (caso 3), la capacidad de producción aumenta. Por esta razón se necesitan menos trabajadores para satisfacer la demanda, esto reduce P_1. Además, se requiere una menor producción y un menor inventario, (X_1 y I_1) comparado con el caso cuando μ reduce (caso 1). Adicionalmente, se observa en la Tabla 1 que cuando σ aumenta (caso 6), la empresa experimenta más incertidumbre en su capacidad de producción. Por lo que se requieren más trabajadores para satisfacer la demanda, esto incrementa P_1. Además, se necesita más producción e inventario (X_1 y I_1), como protección contra la variación de la productividad, comparado con el caso cuando σ reduce (caso 4).

Se realizó un análisis de sensibilidad de los parámetros de la distribución normal que modelan la incertidumbre de la capacidad de producción. En los casos cuando la empresa experimenta más incertidumbre (reducción de μ o aumento de σ) la justificación económica del modelo estocástico es mayor, porque la empresa tiene más perdidas de utilidad debido a la presencia de más incertidumbre, esto incrementa el indicador EVPI. Por lo tanto nuestro modelo es una alternativa eficiente para mitigar los efectos de la incertidumbre.

REFERENCIAS

1. A. Jamalnia, J.B. Yang, D.L. Xu y A. Feili, "Nuevo modelo de decisión basado en una estrategia mixta de caza y nivelación para la planificación de la producción agregada bajo incertidumbre", Informática e Ingeniería Industrial, vol. 114, pp. 54-68, 2017.
2. M.K. Zanjani, M. Nourelfath, D. Ait-Kadi, "Enfoque de descomposición de escenarios para la planificación estocástica de la producción de aserraderos", Revista de la Sociedad de Investigación Operativa, vol. 64, no. 1, págs. 48-59, 2013.
3. J.M. Gómez-Rocha, H. Rivera-Gómez, E.S. Hernández-Gress, A.O. Ortega-Reyes. "Modelos estocásticos multi-etapa para la planeación de la producción de un empresa de muebles con incertidumbre". DYNA Management, vol. 8, no. 1, [13 p.] DOI: http://dx.doi.org/10.6036/MN9702