

ESTADO DEL ARTE PARA UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA VALORACIÓN ESTRATÉGICA Y FINANCIERA DE LAS EMPRESAS QUE DESEAN COOPERAR EN UN CLUSTER, BASADA EN EL VALOR DE SHAPLEY

Autores: Lauren J. Castro Bolaño¹², Luis E. Ramirez Polo³⁴, Dionisio Neira Rodado⁵

1 Teoría de Juegos en la Cadena de Suministro

Bahinipati et al. (2009) [16] proponen un plan de reparto de ingresos y participantes de coaliciones en el mercado eléctrico de la Industria de semiconductores. Como resultado de la investigación se concluyó que el beneficio total derivado del mecanismo desarrollado, incrementaba con el número de eslabones de la Cadena de Suministro.

Ahmadi y Hoseinpour (2011) [17] estudian la coordinación de decisiones de publicidad en conjunto de una cadena de suministro conformada por Fabricante y Minorista, utilizando distintos modelos propios de la Teoría de juegos y analizando las posibles acciones de cada jugador dado ciertos escenarios.

Ang et al. (2012) [18] plantearon un juego de N jugadores cuya base de competencia era la frecuencia de entrega, para resolver el modelo aplicaron Equilibrio de Nash y programación no lineal, teniendo en cuenta la naturaleza estocástica de la demanda del fabricante.

Hong y Chen (2013) [19] estudiaron el problema de control de calidad en una cadena de suministro de dos eslabones bajo enfoques distintos, uno de cooperación y otro de no cooperación. Como resultado se obtuvo que la estructura del juego de control de calidad cooperativo es superior a estructuras generales de juegos de control de calidad no cooperativos durante el proceso de gestión de calidad en este tipo de cadenas de suministro.

S. Alaei et.al (2014) [20] estudiaron cuatro modelos de juegos no cooperativos y uno de juegos cooperativos, estableciendo una región factible de cooperación donde los participantes pudieran negociar su tasa de participación para obtener beneficios extra y analizando el comportamiento de los minoristas; obteniendo resultados muy cercanos a los óptimos.

1.1 Formación de Coaliciones en Juegos Cooperativos

Tan y Wang (2009) [21] estudiaron un modelo para la formación de coaliciones en

¹ Fundación Centro de Investigación en Modelación Empresarial del Caribe, ljcastro@fcimec.org

² Universidad de la Costa, lcastro24@cuc.edu.co

³ Fundación Centro de Investigación en Modelación Empresarial del Caribe, lramirez@fcimec.org

⁴ Universidad Autónoma del Caribe

⁵ Universidad de la Costa, dneira1@cuc.edu.co

ambientes de conflicto continuo, en donde un grupo de jugadores debía competir por ganar un premio cuya probabilidad de lograrlo estaba relacionada con la fuerza de cada uno de ellos, existiendo además la opción de unir sus fuerzas para así aumentar la probabilidad de ganar de manera grupal mediante la formación de coaliciones. En el año 2011, Wood [22] analiza el problema de lograr una cooperación global para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, examinando los valores del juego y la formación de coaliciones para juegos tanto cooperativos como no cooperativos. Ese mismo año Bolton y Brosig (2011) [23] estudiaron por medio de experimentación una coalición en un juego no cooperativo de tres personas bajo la hipótesis de que los pagos relativos y absolutos del juego afectan el proceso de formación de coaliciones; dentro de los resultados obtenidos se observó una correlación entre los beneficios relativos y el comportamiento de rechazo a lo largo de los tratamientos del experimento a pesar de la significativa variación de las consecuencias de los beneficios absolutos en el comportamiento de rechazo. Elomri, et al. (2012) [24] modelaron bajo un enfoque de juegos cooperativos la formación de coaliciones y la asignación de costos en un sistema de reposición en el que la demanda de un conjunto de minoristas es abastecida por un mismo proveedor, obteniendo como resultado una estructura de coalición eficiente, en la que se logran ahorros de costos significativos, muy parecidos a los que se pueden conseguir con la optimización de costos del sistema global. Boongasame y Daneshgar (2013) [25] proponen un nuevo esquema de coalición para compradores, cuyas transacciones están basadas en distintos niveles de conocimiento acerca de acciones pasadas y presentes llevadas a cabo entre los actores que participan de la colaboración.

1.2 Juegos No Cooperativos

Buchbinder et al. (2010) [26] diseñaron un mecanismo dinámico con el fin de mejorar el rendimiento general de un sistema compuesto por un conjunto de instalaciones compuesta por jugadores egoístas que ofrecen servicios a usuarios quienes finalmente se deciden por aquel que ofrezca un menor precio, mediante la aplicación de la teoría de juegos para lograr una unión del sistema y se actúe conforme a la mejor respuesta.

Jafar et al. (2010) [27] basados en el hecho de que en mercados electrónicos tipo B2B los participantes no reciben los beneficios esperados, proponen un modelo inicial en el que se tienen en cuenta los beneficios individuales de los participantes y del mercado como tal, que posteriormente entra como función de pago en un modelo de teoría de juegos.

Okaie y Nakano (2011) [28] optimizaron un sistema de redes, hallando los menores costos posibles y logrando una maximización del beneficio, a través de la formulación de un juego no cooperativo.

Frihauf (2012) [29] realizaron un estudio acerca de las soluciones para juegos no cooperativos, desde una perspectiva de Equilibrio de Nash. Los autores analizaron juegos estáticos y dinámicos, en donde las acciones de los jugadores constituyen

la entrada de un sistema general estable no lineal dinámico cuyas salidas son los valores de los pagos de los jugadores.

Facchinei et al. (2014) [30] proponen técnicas y metodologías para realizar transformaciones en funciones de tipo nonsmooth que luego constituyen la entrada a un modelo de teoría de juegos no cooperativos con el fin de obtener soluciones de juego.

1.3 Valor del Juego

Driessen, T. (2010) [31] propuso una extensión de la axiomatización de Hameiche a la clase de valores eficientes, simétricos y lineales; para lograrlo aprovechó relaciones explícitas al valor de Shapley con el fin de proporcionar una axiomatización basada en una propiedad ligeramente adaptada y no esencial en el juego, con continuidad y consistencia asociada similar. Para la obtención de valores de los juegos, el autor inicialmente analizó varias propiedades derivadas del valor de Shapley y tuvo en cuenta aspectos de eficiencia, simetría y valores lineales.

Rêgo, L. y Halpern, J. (2011) [32] utilizaron una serie de técnicas para comprobar la existencia y hallar un Equilibrio Secuencial generalizado en juegos con conciencia, a partir de las cuales pudieran calcularse soluciones de juegos generalizadas.

Béal, et al. (2011) [33] Desarrollaron un sistema de compensación basado en el Valor de Shapley en el que se representó un juego cooperativo como árboles de expansión con raíces, en donde, si se compara con algoritmos clásicos y el grafo es completo, se obtienen soluciones que coinciden con el Valor de Shapley, por otro lado, también se consideró el juego como un bosque en el que todos sus árboles de expansión son arraigados, en donde se tenía en cuenta la posición relativa de cada jugador con respecto a su componente en el grafo de comunicación.

Rhoads y Bartholdi (2012)[34] obtuvieron una solución numérica para el tradicional Juego de Estrategias Mixtas mediante el desarrollo de modelos de programación lineal, formulado como un problema de maximización de funciones lineales.

Manuel et al. (2013) [35] proponen nuevas axiomatizaciones del Valor de Shapley aplicado a juegos en los que existe transferencia de utilidades, se desarrolla una función en la que se tiene en cuenta el interés social. En un primer axioma se muestra los beneficios de los jugadores que no son indiferentes entre sí y luego uno en donde se expresa que la recompensa de los jugadores no se ve afectada por aquellos que son indiferentes o que tienen la posibilidad de dejar el juego.

Ramirez-Ríos et al, (2016) [36] Contemplan el problema de programación de la producción en una con curación de máquinas en paralelo con el objetivo de minimizar dos criterios en particular: el lapso y el tiempo total de flujo. En este problema en particular, el incremento de uno de estos objetivos resulta en la

reducción del otro, por lo que se propone su solución bajo enfoques meta heurísticos. Dos tipos de algoritmos fueron considerados: uno basado en la teoría de juegos y el otro en los algoritmos genéticos. Para el primero se diseña un mecanismo de juego no cooperativo entre dos jugadores, en donde cada jugador busca optimizar cada criterio de programación de las máquinas. Para el segundo enfoque se implementa el algoritmo genético SPEA, en donde se seleccionan aquellas soluciones dominantes en ambos objetivos.

Landinez-Lamadrid et al. (2017) [37] hacen una breve revisión bibliográfica de la aplicación del Valor de Shapley para resolver problemas en diferentes campos de cooperación y la importancia de estudiar los métodos existentes para facilitar su cálculo. Esta revisión se centra en la visión algorítmica de la teoría cooperativa de juegos con un énfasis especial en las cadenas de suministro. Adicionalmente se propone un algoritmo para el cálculo del Valor de Shapley y se utilizan ejemplos numéricos para validar el algoritmo propuesto.

Biibliografía:

- [1] OWEN, Guillermo. "Game Theory". San Diego: Academic Press.1995. 447p.
- [2] RAY (1989), Credible coalitions and the core, Internat J. Game Theory, 18, 185-187.
- [3] CHWE M.S.-Y. (1994) , Farsighted Coalitional Stability. J. Economic Theory, 63, 299-325.
- [4] XUE, L. (1998), Coalitional Stability under perfect foresight. Economic Theory, 11, 603-627.
- [5] RAY, D. & VOHRA, R. (1999) A Theory of endogenous coalition structures. Games Econom. Behav. 26, 286-336.
- [6] DIAMANTOUDI, E. & XUE, L. (2007), Coalitions, agreements and efficiency. J. Economic Theory, 136, 105-125.
- [7] RAY (2007), A Game Theoretic Perspective on Coalition Formation, Lipsey Lectures, Oxford University Press, Oxford.
- [8] GORADIA, H., & VIDAL, J. (2007). An Equal Excess Negotiation Algorithm for Coalition Formation. AAMAS'07 (p. 3p.). Honolulu: IFAAMAS.
- [9] SHEHORY, O., & KRAUS, S. Coalition formation among autonomous agents: Strategies and complexity. Ramat Gan, Israel: Bar Ilan University.
- [10] LEHRER, E & SCARSINI M. (2011), On the core of dynamic cooperative games, 27p. URL: <http://www.math.tau.ac.il/~lehrer/Papers/Dynamic-cooperative.pdf>
- [11] SANDHOLM, T. & LESSER, V. R. (1997), Coalitions among computationally bounded agents, Artificial Intelligence 94(1): 99-137.
- [12] CONITZER, V. & SANDHOLM, T (2004), Computing Shapley values, manipulating value division schemes, and checking core membership in multi-issue domains, Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, 219-225.
- [13] BARTHOLDI, John J. and KEMAHLIOGLU-ZIYA, Using Shapley Value to Allocate Savings in a Supply Chain, Atlanta: Georgia Institute of Technology, June 2004.

- [14] CACHON, Gerard and LARIVIERE, Martin, Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations, *Management Science*, Vol. 51, No. 1. (Jan., 2005), pp. 30-44
- [15] CACHON, Gerard and NETESSINE, Sergei, *Game Theory in Supply Chain Analysis*, University of Pennsylvania, Ch2, 46p.
- [16] Bahinipati et al., Revenue sharing in semiconductor industry supply chain: Cooperative game theoretic approach, "Sadhana" Vol. 34, No. 3, Junio 2009, pp. 501-527.
- [17] Ahmadi y Hoseinpour, A Game-Theoretic Analysis for Coordinating Cooperative Advertising in a Supply Chain, "Journal of Optimization Theory and Applications" (2011) Vol. 149, pp 138-150.
- [18] Ang et al., Establishing Nash equilibrium of the manufacturer-supplier game in supply chain management, "Journal of Global Optimization" (2013). Vol. 56, pp 1297-1312.
- [19] Hong y Chen, Game Theory Analysis of Quality Control in Two-Echelon Supply Chain, "Journal of Shanghai Jiaotong University" (2013). Vol. 18, No. 4, pp 508-512.
- [20] S. Alaei et.al., A game theoretical study of cooperative advertising in a single-manufacturer-two-retailers supply chain, "The International Journal of Advanced Manufacturing Technology" Springer London, 2014.
- [21] Tan, G. y Wang, R. "Coalition formation in the presence of continuing conflict" *International Journal of Game Theory* (2010), Vol. 39 , pp 273-279. Springer-Verlag 2009.
- [22] Wood, P. "Climate change and Game theory", *Annals of the New York Academy of sciences* (2012) Vol. 1219, pp 153-170. Springer-Verlag 2011.
- [23] Bolton, G. y Brosig, J. "How do coalitions get built? Evidence from an extensive form coalition game with and without communication" *International Journal of Game Theory* (2012). Vol. 41, pp 623-649.
- [24] Elomri, et al. "Coalition Formation and Cost allocation for Joint Replenishment Systems" *Production and Operation Management*. Vol. 21 No. 6, pp 1015-1027, ISSN 1059-1478, EISSN 1937-5956. Production and Operation Management Society, 2012.
- [25] Boongasame, L. y Daneshgar, F. "A collaborative platform for a buyer coalition: Introducing the Awareness-based Buyer Coalition (ABC) system". *Information Systems Frontier* (2013). Vol 15, pp 89-98. Springer Science+Business Media, LLC 2011.
- [26] Buchbinder et al., Non-Cooperative Cost Sharing Games via Subsidies, "Theory of Computing Systems" (2010). Vol. 47, pp 15-37 Springer
- [27] Jafar et al., The non-cooperative game theory for trades in B2B electronic market, "International Journal of Advanced Manufacturing Technology"(2012). Vol. 48, pp 823-828.
- [28] Facchinei, et al., Non-cooperative games with minmax objectives, " Computational Optimization and Applications" Springer Science+Business Media. New York, 2014.
- [29] Okaie, Y. y Nakano, T., Non-cooperative optimization games in market-oriented overlay networks: an integrated model of resource pricing and network formation, "Frontiers of Computer Science" (2011). Vol. 5, pp 496-505.
- [30] Facchinei et al., Nash Equilibrium Seeking in Noncooperative Games, "IEEE Transactions on Automatic Control". Vol. 57, No. 5, pp 1192-1207.
- [31] Driessen, T. , Associated consistency and values for TU games. "International Journal of Game Theory" (2010). Vol 39, pp 467-482.

- [32] Rêgo, L. y Halpern, J., Generalized solution concepts in games with possibly unaware players. "International Journal of Game Theory" (2012). Vol. 41, pp 131-155.
- [33] Béal, et al. Compensations in the Shapley value and the compensation solutions for graph games, "International Journal of Game Theory" (2012). Vol. 41 pp 157-178. Springer-Verlag 2011.
- [34] Rhoads y Bartholdi . Computer Solution to the Game of Pure Strategy. "Games 2012" Vol. 3, pp 150-156. ISSN 2073-4336
- [35] Manuel et al. Players indifferent to cooperate and characterizations of the Shapley value, "Mathematical Methods of Operation Research" (2013). Vol. 77, pp 1-14 Springer.
- [36] Ramirez-Rios, D. G., Rodriguez Pinto, C., Visbal Martinez, J., Monroy Silvera, F., De la Cruz Hernández, J., Donoso Meisel, Y., & Paternina Arboleda, C. D. (2016). A bi-criteria optimization model for parallel machine scheduling: game theoretic vs genetic algorithms. IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research, 1(1), 20-30. Retrieved from <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/73>
- [37] Landinez-Lamadrid, D. C., Ramirez-Ríos, D. G., Neira Rodado, D., Parra Negrete, K., & Combata Niño, J. P. (2017). Shapley Value: its algorithms and application to supply chains. INGE CUC, 13(1), 61-69. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.13.1.2017.06>

WORKING PAPER