New Economy and Trade, Institute for Humanities and Cultural Studies (IHCS)
Quarterly Journal, Vol. 15, No. 2, Summer 2020, 29-66
doi: 10.30465/jnet.2020.5860

A framework for online reverse auction based on market-maker learning with risk-averse buyer

Hojjat Tayaran*

Mehdi Ghazanfari**

Abstract

One of the new approaches to purchasing and procuring goods and materials in the supply chain is the use of reverse auction. With the rapid and ever-expanding development of information technology and the Internet around the world, the use of Internet platforms for this type of procure has also been taken into account and has created online reverse auction method. In this paper, a new framework for the online reverse auction process is provided that takes both sides of the procurement process (buyer and seller). The proposed auction process is a multi-attribute semi-sealed multi-round online reverse auction. In this process, an online market-maker, with the prediction of the buyer scoring function, facilitates the seller's bidding process. To fit the function, a multi-layer perceptron neural network model is used. In this case, in addition to hiding the seller's scoring function, information is provided to sellers to improve the bid. Also, the methods of scoring by the buyer are defined Additive, Multiplicative and risk aversion, which is based on the theory of perspective. Within this framework, sellers improve their bids in each round using an optimization model. By simulating the auction process, the proposed framework was evaluated in comparison with an open auction, taking into account seller scoring criteria, seller profits, and number of auction rounds.

Keywords: Online Reverse Auction, Risk Aversion, Neural Network, Multi-objective optimization

JEL Classification :A1, C6, C7, D4, F14

* Ph.D Candidate, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Saeedtayaran20 @gmail.com

** Professor, Faculty of Industry, Iran University of Science and Technology (Corresponding Author), mehdi@iust.ac.ir

Date received: 2020/1/4, Date of acceptance: 2020/5/14

Copyright © 2010, IHCS (Institute for Humanities and Cultural Studies). This is an Open Access article. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/ or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

اقتصاد و تجارت نوین، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
فصل‌نامهٔ علمی (مقالهٔ علمی ـ پژوهشی)، سال پانزدهم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۳۹۹، ۳۱ – ۶۶

ارائهٔ چهارچوبی برای حراج معکوس آنلاین مبتنی بر یادگیری بازار ساز در شرایط ریسک‌گریزی خریدار

حجت طیران*

مهدی غضنفری**

چکیده

حراج معکوس آنلاین یکی از رویکردهای تأمین کالا و مواد موردنیاز بر بستر اینترنت می‌باشد که در آن خریدار، یک یا چند فروشنده را بر اساس پیشنهادهای آن‌ها انتخاب می‌نماید. در این مقاله یک چهارچوب جدید برای فرایند حراج معکوس آنلاین ارائه‌شده است که هر دو سوی فرایند تأمین (خریدار و فروشنده) را در نظر می‌گیرد. فرایند حراج پیشنهادی یک حراج معکوس آنلاین چند شاخصه‌ی نیمه‌بسته چند دوره‌ای می‌باشد. در این فرایند یک بازار ساز آنلاین، با پیش‌بینی تابع امتیازدهی خریدار، فرایند پیشنهاددهی فروشندگان را تسهیل می‌نماید. در این شرایط، علاوه بر پنهان بودن تابع امتیازدهی فروشنده، اطلاعاتی جهت بهبود پیشنهاددهی در اختیار فروشندگان قرار می‌گیرد. برازش تابع امتیازدهی توسط یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در نظر گرفته‌شده است. همچنین روش‌های امتیازدهی خریدار به‌صورت جمعی، ضربی و ریسک‌گریز تعریف‌شده است. در این چهارچوب، فروشندگان در هر دور با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی، پیشنهادهای خود را بهبود می‌بخشند. با شبیه‌سازی فرایند حراج، چهارچوب پیشنهادی با یک حراج باز مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در مدل پیشنهادی علاوه بر عدم افشای اطلاعات امتیازدهی خریدار، تفاوت معناداری در معیارهای ارزیابی با مدل حراج باز وجود ندارد.

---

* دانشجوی دکتری صنایع، دانشکدهٔ صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، Saeedtayaran20@gmail.com
** استاد دانشکدهٔ صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران (نویسندهٔ مسئول)، mehdi@iust.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱٤، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۵

Copyright © 2018, IHCS (Institute for Humanities and Cultural Studies). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits others to download this work, share it with others and Adapt the material for any purpose

کلیدواژه‌ها: حراج معکوس آنلاین، ریسک‌گریزی، شبکه عصبی مصنوعی، بهینه‌سازی چندهدفه

طبقه‌بندی JEL: A1, C6, C7, D4, F14

۱. مقدمه

تأمین کالا و مواد موردنیاز در یک زنجیره‌ی تأمین کالایی، یکی از مهم‌ترین مسائل پژوهش‌های مرتبط با زنجیره‌ی تأمین می‌باشد و بازه‌ی گسترده‌ای از مباحث نظیر انتخاب تأمین‌کننده، فرایند خرید، حمل‌ونقل و ... را شامل می‌شود. حراج معکوس (Reverse Auction) ازجمله روش‌هایی است که کارایی خود را در مواجهه با مسئله انتخاب بهترین گزینه‌ی خرید نشان داده است (Chen-Ritzo, Harrison, Kwasnica, & Thomas, 2005). حراج معکوس، همان‌طور که از نامش پیداست، ساختاری نظیر حراج پیشرو (Forward Auction) که همان حراج مرسوم (برای مثال حراج آثار هنری) دارد با این تفاوت که در این شکل از حراج، یک خریدار از چندین تأمین‌کننده/فروشنده بالقوه، درخواست می‌کند تا پیشنهادهای (Bids) خود را جهت فروش یک یا چندین نوع کالا، در اختیار وی بگذارند. سپس خریدار پس از بررسی پیشنهادها، یک و یا گروهی از تأمین‌کنندگان را جهت تأمین کالای خود انتخاب می‌نماید (Huang, Qian, Fang, & Wang, 2016).

از اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰ با رشد ساختارهای تجارت الکترونیک، استفاده از فضای آنلاین جهت برگزاری حراج معکوس رشد چشم‌گیری داشته است. شرکت‌های بسیاری از بسترهای الکترونیکی حراج معکوس جهت تأمین کالاهای خود استفاده می‌کنند. استفاده از این رویکرد منجر به ایجاد صرفه‌جویی‌های زیادی در مقابل استفاده از سایر رویکردهای مرسوم تهیه و تدارک کالا به‌ویژه در کسب‌وکارهای B2B شده است (Pham, Teich, Wallenius, & Wallenius, 2015). بر این اساس پلتفرم‌های آنلاین توسط شرکت‌ها و محققان مختلف جهت سهولت فرآیند اجرایی حراج معکوس، با ویژگی‌های مختلف توسعه داده‌شده است.

علی‌رغم مزیت‌های بسیار حراج معکوس آنلاین، گاهی اوقات، طرف‌های معاملاتی پس از چندین دوره استفاده از این روش، دیگر تمایلی به استفاده‌ی مستمر از آن را نشان نمی‌دهند (Gupta, Parente, & Sanyal, 2012; Tassabehji, Taylor, Beach, & Wood, 2006). یکی از اصلی‌ترین دلایل این عدم تمایل، تمرکز فرآیند حراج معکوس آنلاین بر سمت

خریدار و غفلت از تمایلات و اولویت‌های تأمین‌کننده/فروشنده است. از سوی دیگر عدم انعطاف خریداران در فرآیند کشف بهترین گزینه‌ی موجود، منجر به دلسرد شدن فروشندگان و کاهش مطلوبیت انتظاری آنان می‌شود. به‌عبارت‌دیگر خریداران رغبت کمتری به روندهای چند دوره‌ای (Multi-Round) حراج معکوس نشان می‌دهند (Peng & Calvi, 2012). از دیگر دلایل این عدم تمایل می‌توان به تمرکز صرف خریداران بر قیمت اشاره نمود، درحالی‌که فروشندگان غالباً مایل‌اند تا بتوانند در شاخص‌هایی نظیر کیفیت، زمان تحویل، وارانتی، شرایط پرداخت و ... نیز قابلیت‌های خود را عرضه و با سایر تأمین‌کنندگان به رقابت بپردازند (Jap, 2007). علاوه بر موارد ذکرشده، سطح افشای اطلاعات حراج برای هر دو سمت خریدار و فروشنده از چالش‌های این شیوه‌ی خرید است. اگرچه افزایش سطح افشای در کوتاه‌مدت منجر به بهبود برآیند حراج می‌گردد ولی در بلندمدت، نقض حریم اطلاعاتی شرکت‌ها، مشکلاتی را در این زمینه ایجاد می‌نماید؛ بنابراین باید راه‌حل میانه‌ای در این زمینه اتخاذ گردد (Greenwald, Kannan, & Krishnan, 2010).

براین‌اساس، در این تحقیق سعی شده است تا مدلی ارائه گردد که چالش‌های اشاره‌شده در بالا را مورد توجه قرار دهد و راه‌حلی برای رفع و یا کاهش اثر آن‌ها پیدا کند. در مدل پیشنهادی، تعیین بهترین گزینه‌ی خرید توسط خریدار در یک فرایند چند دوره‌ای حراج معکوس آنلاین چند شاخصه نیمه‌بسته (Multi-Round Multi-Attribute Semi-Sealed Online reverse auction) با درنظرگرفتن هر دو سمت تراکنش (خریدار و فروشنده) صورت می‌پذیرد. امتیازدهی توسط خریدار، با استفاده از یک تابع امتیازدهی صورت می‌پذیرد. ورودی‌های تابع امتیازدهی، مقادیر پیشنهادی خریداران برای هر یک از شاخصه‌ها می‌باشد. در اینجا عبارت "نیمه‌بسته" شامل پنهان بودن تابع امتیازدهی خریدار می‌گردد و پیشنهاددهی فروشندگان همچنان برای سایر فروشندگان نامعلوم می‌باشد. مدل پیشنهادی این اجازه را به خریدار می‌دهد تا از سایر معیارهایی به‌غیراز قیمت در انتخاب بهترین گزینه‌ی خرید استفاده نماید و فروشندگان بتوانند پیشنهادهای متنوع‌تری را باتوجه‌به قابلیت‌های خود ارائه نمایند. همچنین، در یک فرایند چند دوره‌ای با افشای اطلاعات به‌صورت نیمه‌بسته، برخی پیشنهادها در هر دور به فروشندگان ارائه می‌گردد که علاوه بر حفظ حریم اطلاعاتی فروشندگان (نظیر پیشنهادهای، امتیازها و اولویت سایر فروشندگان) و خریدار (تابع مطلوبیت یا امتیازدهی فروشنده) بتوانند پیشنهادهای خود را در هر دور بهبود بخشند.

تفاوت عمده‌ی این پژوهش با سایر پژوهش‌های مشابه حراج معکوس چند شاخصه نظیر (Cheng, 2011; Karakaya & Köksalan, 2016; Mansouri & Hassini, 2015; Mouhoub & Ghavamifar, 2016; Ray, Jenamani, & Mohapatra, 2011; Teich, Wallenius, Wallenius, & Zaitsev, 2006) که بر ارائه‌ی مکانیسم افشای اطلاعات تمرکز نموده‌اند، حضور مؤثر فراهم‌کننده‌ی خدمات آنلاین حراج معکوس (برای مثال یک شرکت که در سایت اینترنتی خود فرایند حراج را برگزار می‌کند) ، به‌عنوان واسطی جهت بهبود فرآیند حراج، با ارائه‌ی پیش‌بینی‌هایی از تابع مطلوبیت یا امتیازدهی خریدار و همچنین تعریف مدل بهینه‌سازی چندهدفه پیشنهاددهی متفاوت برای خریدار می‌باشد. بدین منظور فراهم‌کننده‌ی خدمات آنلاین حراج معکوس از یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه جهت پیش‌بینی تابع امتیازدهی خریدار استفاده می‌نماید. همچنین فروشندگان، جهت بهینه‌سازی پیشنهادهای خود، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی را حل می‌نمایند. برای حل مدل مذکور از الگوریتم ژنتیک چند هدفه‌ی NSGA II استفاده‌شده است.

ادامه‌ی مقاله به‌صورت زیر سازمان‌دهی شده است: در بخش دوم، مرور ادبیات پژوهش‌های مرتبط با مدل‌سازی حراج معکوس چند شاخصه ارائه می‌شود. در بخش سوم، مسئله‌ی اصلی تحقیق تشریح می‌گردد. در بخش چهارم در یک فضای شبیه‌سازی‌شده، چندین مثال عددی جهت مقایسه حالت‌های مختلف ارائه و نتایج آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. درنهایت در بخش پنجم، نتیجه‌گیری کلی مسئله و پیشنهادهایی جهت پژوهش-های آتی مطرح می‌شود.

۲. مرور ادبیات

یک مسئله‌ی حراج، می‌تواند دارای ویژگی‌های مختلفی باشد (Teich, Wallenius, Wallenius, & Koppius, 2004). در یک تقسیم‌بندی کلی، ویژگی‌های یک حراج را با مرور ادبیات موضوع به ١٦ دسته تقسیم کرده‌اند (جدول ۱). ازآنجایی‌که مدل ارائه‌شده در این تحقیق مبتنی بر حراج معکوس چند شاخصه می‌باشد (مرتبط با ویژگی‌های۳ و ٤ جدول ۱)، بررسی ادبیات به پژوهش‌هایی که دارای این دو ویژگی بوده‌اند محدودشده است.

جدول ۱: انواع ویژگی‌های حراج

ردیف	ویژگی	وضعیت	ردیف	ویژگی	وضعیت
۱.	تعداد کالاهای تحت حراج	یک تا چند کالا	۹.	قیمت پرداختی به برنده	قیمت اول/قیمت دوم/قیمت n ام
۲.	ذات کالاها	همگن/ناهمگن	۱۰.	افتراق قیمتی	وجود دارد/وجود ندارد
۳.	شاخصه‌ها	یک تا چند شاخصه	۱۱.	محدودیت	وجود دارد/وجود ندارد
۴.	نوع حراج	پیش‌رونده/معکوس	۱۲.	مذاکره	وجود دارد/وجود ندارد
۵.	ذات حراج	یک دوره‌ای/چند دوره‌ای	۱۳.	استخراج تابع ارزش	وجود دارد/وجود ندارد
۶.	حراج انگلیسی یا هلندی	قیمت صعودی/نزولی	۱۴.	ذات پیشنهادهای	باز/نیمه‌بسته/بسته
۷.	مشارکت‌کنندگان	با دعوت/باز	۱۵.	تقسیم‌پذیری پیشنهاد	وجود دارد/وجود ندارد
۸	استفاده از واسط	وجود دارد/وجود ندارد	۱۶.	مجاز بودن پیشنهادهای دسته‌ای	وجود دارد/وجود ندارد

منبع: (**Teich et al., 2004**)

مسائل حراج معکوس چند شاخصه را می‌توان بر اساس مسئله‌ی خریدار، مسئله‌ی فروشنده، تعداد دور حراج، تعداد شاخصه‌ها و همچنین نوع افشای اطلاعات خریدار یا فروشنده تقسیم‌بندی نمود.

برخی از پژوهش‌ها مدل‌هایی هم برای بهینه‌سازی انتخاب خریدار و پیشنهادهای فروشنده ارائه نموده‌اند (Beil & Wein, 2003; Che, 1993; Hu, Wang, Li, & Tong, 2018; Karakaya & Köksalan, 2011; Parkes & Kalagnanam, 2005; Perrone, Roma, & Nigro, 2010; Xu & Huang, 2017) درحالی‌که در برخی از پژوهش‌ها نظیر (Liu, Zhang, Qi, & Wang, 2020; Narasimhan, Talluri, & Mahapatra, 2008; Saroop, Sehgal, & Ravikumar, 2007; Wang, Qu, Goh, Wahab, & Zhou, 2019; Yang, Liao, & Huang, 2014)، تنها سمت خریدار موردتوجه واقع‌شده است.

مسئله‌ی خریدار عموماً توسط امتیازدهی و یا حداکثرسازی تابع امتیازدهی انتظاری (Che, 1993; Perrone et al., 2010; Qian, Fang, Huang, & Wang, 2019; Yang et al., 2014)،

حداکثرسازی مطلوبیت خریدار (Beil & Wein, 2003; Karakaya & Köksalan, 2011; Saroop et al., 2007) حداکثرسازی کارایی حراج (Parkes & Kalagnanam, 2005) حداقل-سازی هزینه‌ی خرید (Xu & Huang, 2017) و یا حداکثرسازی احتمال تعیین برنده در دور آتی (Narasimhan et al., 2008) مدل‌سازی شده است.

مسئله‌ی فروشنده در شرایط رقابتی توسط روش‌هایی نظیر بازی بیزی (Che, 1993)، حداکثرسازی مطلوبیت (Beil & Wein, 2003; Perrone et al., 2010) و یا حداکثرسازی سود (Karakaya & Köksalan, 2011) در نظر گرفته‌شده است. حراج‌های معکوس می‌توانند تک دوره‌ای (Cheng, 2011; Parkes & Kalagnanam, 2005; Perrone et al., 2010; Xu & Huang, 2017; Yang et al., 2014)، دو دوره‌ای (Saroop et al., 2007) و یا چند دوره‌ای (Beil & Wein, 2003; Che, 1993; Karakaya & Köksalan, 2011; Narasimhan et al., 2008) باشند.

عموماً تعداد دورهای بیشتر در فرایند حراج می‌تواند به کشف قیمت‌های بهینه برای خریداران و همچنین افزایش سطح رقابت فروشندگان کمک نماید. این امر می‌تواند بر اساس اطلاعاتی که در هر دور در اختیار فروشندگان قرار می‌گیرد صورت پذیرد؛ بنابراین سطح افشای اطلاعات عامل مهمی در ارزیابی کارایی یک حراج می‌باشد (Dráb, Štofa, & Delina, 2020). افشای اطلاعات در پژوهش‌های حراج معکوس می‌تواند در سه دسته، موردبررسی قرار گیرد. ۱- افشای اطلاعات فروشنده برای سایر فروشندگان، ۲- افشای اطلاعات فروشنده برای خریدار و ۳- افشای اطلاعات خریدار برای فروشندگان.

افشای اطلاعات فروشندگان برای سایر فروشندگان، شامل اطلاعات مربوط به پیشنهادهای ارائه‌شده و امتیاز و رتبه‌ی هر یک از فروشندگان می‌باشد. در شرایط واقعی، در اکثر مواقع، حراج‌های معکوس به شکل بسته اجرا می‌گردند، بدین معنا که اطلاعات فروشندگان به‌صورت مهروموم‌شده (Sealed) در اختیار خریدار قرار می‌گیرد و نتیجه‌ی امتیازدهی و رتبه، به‌صورت خصوصی در اختیار فروشندگان قرار می‌گیرد. ازآنجایی‌که این مدل در شرایط واقعی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، بنابراین بیشتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (Cheng, 2011; Narasimhan et al., 2008; Perrone et al., 2010; Saroop et al., 2007; Xu & Huang, 2017; Yang et al., 2014). با این‌وجود در برخی از پژوهش‌ها نظیر (Beil & Wein, 2003; Karakaya & Köksalan, 2011; Parkes & Kalagnanam, 2005) فرایند حراج به‌صورت باز (Open) در نظر گرفته‌شده است. در پژوهش (Che, 1993) جهت مدل‌سازی رقابت میان فروشندگان از بازی بیزی و افشای تابع

توزیع هزینه‌ی فروشندگان بـرای یکـدیگر اسـتفاده شـده اسـت. در شـرایط واقعـی عمومـاً اطلاعات فروشنده نظیر تابع هزینه و نحوه‌ی تعیین پیشنهاد، در اختیار خریدار قرار نمی‌گیـرد و حراج در شرایط بسته صورت می‌پذیرد. نـوع بسـته‌ی افشـای اطلاعـات فروشـنده بـرای خریدار موردتوجه پـژوهش‌هـای (Che, 1993; Cheng, 2011; Karakaya & Köksalan, 2011; Saroop et al., 2007; Xu & Huang, 2017; Yang et al., 2014) بوده است. در برخی پـژوهش‌ها تابع هزینه‌ی فروشنده (Parkes & Kalagnanam, 2005)، فرم پارامتری تابع هزینه فروشـنده (Beil & Wein, 2003)، سطح شاخصه‌ها برای پیشنهادهـای برنـده‌ی پیشـین، حـداقل سـطح آستانه برای شاخصه‌های غیرقیمتی و اهمیت نسبی شاخصه‌های پیشـین (Narasimhan et al., 2008) و یا تابع توزیع پیشنهادها (Perrone et al., 2010) برای خریدار افشاء گردیده است.

اطلاعات خریدار که می‌توان در یک فراینـد حـراج معکـوس بـرای فروشـندگان افشـاء نمود، مرتبط با نحوه‌ی امتیازدهی خریدار است؛ بنابراین در برخی از پـژوهش‌هـا فـرض بـر این است که فروشندگان اطلاعات کاملی درباره نحوه‌ی اولویت‌دهـی و یـا تـابع امتیـازدهی خریدار دارند (Che, 1993; Parkes & Kalagnanam, 2005; Xu & Huang, 2017)، درحـالی‌کـه در برخی پژوهش‌های دیگر، هیچ اطلاعاتی از خریدار در اختیار فروشندگان قرار نمـی‌گیـرد (Beil & Wein, 2003; Narasimhan et al., 2008; Yang et al., 2014).

در پژوهش‌هایی سعی شده است تا سازوکاری جهت ارائه‌ی اطلاعات مرتبط با نحـوه‌ی امتیازدهی خریدار در اختیار فروشندگان قرار گیرد تا بتوانند پیشنهادهای خود را بهبود دهنـد. این ایده می‌تواند علاوه بر حفظ حریم اطلاعاتی خریدار، به افزایش سطح رقابـت در فراینـد حراج و همچنین افزایش مطلوبیت خریدار کمـک نمایـد. در پـژوهش‌هـای (Saroop et al., 2007) و (Karakaya & Köksalan, 2011)، سطحی از اطلاعات خریدار جهت بهبود پیشـنهاد-دهی فروشندگان افشـاء مـی‌گـردد. در مـدل پیشـنهادی (Saroop et al., 2007)، فروشـندگان شاخصه‌های خود را در دو گروه شاخصه‌هایی با حـریم اطلاعـاتی رقـابتی و شاخصـه‌هـای عمومی به خریدار پیشنهاد می‌دهنـد. خریـدار مطـابق بـا یـک الگـوریتم افشـای اطلاعـاتی، سطحی از اطلاعات محرمانه‌ی خود را (اوزان شاخصه‌های دارای حریم اطلاعاتی رقـابتی در تابع مطلوبیت) افشاء می‌نماید و فروشندگان بر این اساس پیشنهادهای جدیـد خـود را ارائـه می‌دهند. در این تحقیق مسئله‌ی فروشنده موردبررسـی قـرار نگرفتـه اسـت و ازآنجـایی‌کـه الگوریتم تعیین سطح افشای اطلاعات به پیشنهادهای ارائه‌شـده توسـط فروشـندگان وابسـته می‌باشد، رابطه‌ی تعاملی میان فروشندگان و خریدار مورد غفلت واقع‌شده اسـت. در مقالـه‌ی

(Karakaya & Köksalan, 2011) در هر دور، فروشندگان، با استفاده از اطلاعات پیشنهادهای سایر فروشندگان و امتیازات آن‌ها، تابع مطلوبیت خریدار (اوزان تابع مطلوبیت) را پیش‌بینی می‌کنند و با استفاده از حل یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی باهدف حداکثر سازی سود، پیشنهاد خود را ثبت می‌کنند. تابع امتیازدهی خریدار به‌صورت تابع فاصله‌ای موزون L_α متریک در نظر گرفته‌شده است و نحوه‌ی مدل‌سازی فرآیند پیش‌بینی به‌گونه‌ای است که امکان استفاده از سایر توابع امتیازدهی وجود ندارد.

در این تحقیق یک مدل حراج معکوس آنلاین چند دوره‌ای، باقابلیت ارائه‌ی دو یا بیش از دو شاخصه ارائه‌شده است. در این مدل علاوه بر مدل‌سازی مسئله‌ی خریدار و فروشنده و همچنین عدم افشای اطلاعات فروشندگان برای یکدیگر، سطحی از افشای اطلاعات خریدار مستقل از نحوه‌ی امتیازدهی و نوع تابع امتیازدهی خریدار، برای بهبود پیشنهاددهی فروشندگان در یک فرایند چند دوره‌ای ارائه‌شده است. در این چهارچوب، یک بازار ساز آنلاین که برگزارکننده‌ی حراج در یک پلتفرم آنلاین می‌باشد، در هر دور تخمین تابع امتیازدهی خریدار را در اختیار فروشندگان قرار می‌دهد. تخمین تابع امتیازدهی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی صورت می‌پذیرد، بنابراین مستقل از نوع تابع امتیازدهی خریدار، امکان پیش‌بینی آن برای بازار ساز آنلاین وجود دارد. تخمین تابع امتیازدهی بر اساس اطلاعات حراج‌های پیشین خریدار (در صورت وجود) در پلتفرم آنلاین و اطلاعات به‌دست‌آمده از دورهای پیشینِ حراج در حال برگزاری، انجام می‌پذیرد. در جدول ۲، خلاصه‌ای از تحقیقات بررسی‌شده‌ی مرتبط با حراج معکوس چند شاخصه و همچنین مدل پیشنهادی این تحقیق (سطر آخر) با توجه به تقسیم‌بندی اشاره‌شده در ابتدای این بخش ارائه‌شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲ : تحقیقات مرتبط با حراج معکوس چند شاخصه و مدل پیشنهادی

مرجع	مسئله خریدار	مسئله فروشنده	تعداد دور	تعداد شاخصه	افشای اطلاعات خریدار	افشای اطلاعات فروشنده	
						سایر فروشندگان	خریدار
(Che, 1993)	تعیین بالاترین امتیاز توسط تابع امتیازدهی	راه‌حل تعادلی برای بازی بیزی	چند دوره‌ای	دو	باز	تابع توزیع هزینه	بسته
Beil & Wein,) (2003	پیش‌بینی تابع هزینه فروشندگان با استفاده از بهینه‌سازی معکوس و حداکثرسازی مطلوبیت	تابع مطلوبیت	چند دوره‌ای	دو یا بیشتر	بسته	باز	تخمین فرم پارامتری تابع هزینه
Parkes & Kalagnanam, 2005)	حداکثرسازی کارایی	حداکثرسازی کارایی	تک دوره‌ای	دو یا بیشتر	باز	باز	تابع هزینه
Saroop et al.,) (2007	مدل تحلیل پوششی داده‌ها باهدف حداکثرسازی تابع مطلوبیت	–	دو دوره‌ای	دو یا بیشتر	تابع اولویت‌دهی شاخصه‌های عمومی در دور اول و برخی از شاخصه‌های خصوصی در صورت نیاز فروشنده در دور دوم	بسته	بسته
Narasimhan) (et al., 2008	تحلیل پوششی داده‌ها باهدف حداکثرسازی احتمال تعیین برنده در دور بعدی	–	چند دوره‌ای	دو یا بیشتر	بسته	بسته	ارائه سطح شاخصه‌ها برای پیشنهادهای برنده‌ی پیشین، حداقل سطح آستانه برای شاخصه‌های غیر قیمتی و اهمیت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مرجع	مسئله خریدار	مسئله فروشنده	تعداد دور	تعداد شاخصه	افشای اطلاعات خریدار	افشای اطلاعات فروشنده	
						سایر فروشندگان	خریدار
							نسبی شاخصه‌ها توسط پلتفرم آنلاین
Perrone et al., (2010)	حداکثرسازی امتیاز انتظاری	حداکثرسازی مطلوبیت انتظاری	تک دوره‌ای	دو	تابع توزیع امتیاز	بسته	تابع توزیع پیشنهادهای
Karakaya & Köksalan, (2011)	حداکثرسازی تابع مطلوبیت	حداکثرسازی سود	چند دوره‌ای	دو یا بیشتر	تخمین تابع موزون امتیازدهی L_α متریک بر اساس امتیازهای پیشین	بسته	بسته
(Cheng, 2011)	حداقل‌سازی فازی هزینه‌ی خرید (قیمت) و اختلاف زمان تحویل انتظاری بازمان تحویل پیشنهادی و تابع هدف فروشنده	حداکثرسازی سود با درنظرگرفتن ارضای محدودیت‌های برنامه‌ی تولید فروشنده	تک دوره‌ای	دو یا بیشتر	برنامه زمان‌بندی تولید	بسته	بسته
Yang et al., (2014)	استخراج مدل اولویت-دهی با استفاده از اطلاعات خریدار در یک پلتفرم آنلاین و حداکثرسازی آن	–	تک دوره‌ای	دو یا بیشتر	بسته	بسته	بسته
Xu & Huang, (2017)	حداقل‌سازی هزینه‌ی خرید	حداکثرسازی سود	تک دوره‌ای	دو یا بیشتر	باز	بسته	بسته
Hu et al., (2018)	حداکثرسازی تابع مطلوبیت	حداکثرسازی تابع مطلوبیت	چند دوره‌ای	دو یا بیشتر	بسته	بسته	بسته

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

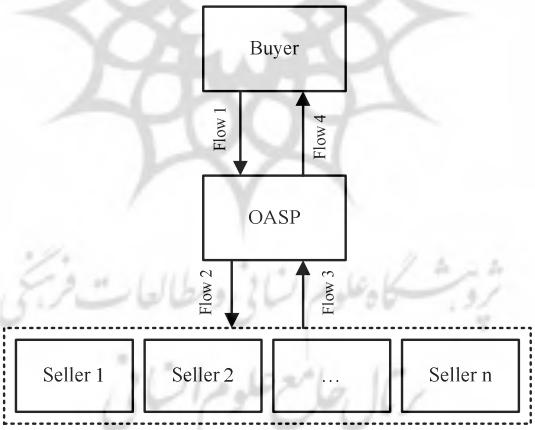
مرجع	مسئله خریدار	مسئله فروشنده	تعداد دور	تعداد شاخصه	افشای اطلاعات خریدار	افشای اطلاعات فروشنده	
						سایر فروشندگان	خریدار
Qian et al., (2019)	حداکثرسازی امتیاز با استفاده از چهارچوب BOCR-uRTODIM	-	تک دوره‌ای	دو یا بیشتر	بسته	بسته	بسته
Liu et al., (2020)	حداکثرسازی عایدی بر اساس بازی تکاملی	–	چند دوره‌ای	دو یا بیشتر	بسته	بسته	بسته
مدل پیشنهادی	تعیین بالاترین امتیاز توسط تابع امتیازدهی	حداکثرسازی سود و حداقل‌سازی فاصله تا پیشنهاد ایدئال برای خریدار	چند دوره‌ای	دو یا بیشتر	تخمین تابع امتیازدهی توسط بازار ساز آنلاین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی	بسته	بسته

منبع: بررسی‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳. تصریح مدل

ساختار یک حراج معکوس تفاوت عمده‌ای با یک حراج پیشرو دارد. در حراج پیشرو (نظیر حراجی‌های آثار هنری یا عتیقه‌جات) خریداران پیشنهادهای خود را در اختیار فروشنده قرار می‌دهند تا فروشنده، بهترین پیشنهاد را جهت فروش کالای خود انتخاب نماید. در یک حراج معکوس، فروشندگان پیشنهادهای خود را در اختیار خریدار قرار می‌دهند تا خریدار بهترین پیشنهاد را جهت خرید کالای خود انتخاب نماید. چهارچوب پیشنهادی این تحقیق بر اساس یک حراج معکوس چند شاخصه‌ی چند دوره‌ای تک کالایی است. مشارکت در فرایند حراج آزاد می‌باشد و شرکت‌کنندگان مستقیماً می‌توانند در حراج شرکت نمایند. اجرای حراج توسط یک بازار ساز که در اینجا این بازار ساز را فراهم‌کننده خدمات حراج آنلاین (OASP) می‌نامیم، مدیریت می‌گردد. در رویکرد ارائه‌شده، OASP نقشی کلیدی بازی می‌کند. OASP در هر دور از فرایند حراج، تخمینی از تابع اولویت خریدار را در اختیار فروشندگان می‌گذارد تا بتوانند در دور آتی، پیشنهادهای مؤثرتری را ارائه دهند. شکل ۱، جریان اطلاعاتی فرآیند حراج را نشان می‌دهد:



شکل ۱: جریان اطلاعاتی فرآیند حراج

باتوجه به شکل ۱، در جدول ۳، فرآیند هر یک از جریان‌های میان خریدار،OASP و فروشندگان تشریح شده است.

جدول ۳: فرآیند جریان‌های اطلاعاتی حراج

دور	$N = 1$	$N \geq 1$
Flow 1	خریدار، درخواست برگزاری حراج را در پلتفرم تهیه‌شده توسط OASP ثبت می‌کند. این درخواست شامل نوع کالای درخواستی، قیمت و ویژگی‌های مدنظر خریدار برای کالا و شرط توقف حراج می‌باشد.	خریدار، پس از دریافت پیشنهادهای فروشندگان از طریق OASP، امتیاز و رتبه‌ی هر یک از خریداران را مشخص می‌کند. در دور دوم، خریدار این اطلاعات را در اختیار OASP می‌گذارد. در دورهای بعدی، درصورتی‌که بالاترین امتیاز به میزان از پیش تعیین‌شده‌ای بهبود نیابد، اطلاعات را در اختیار OASP می‌گذارد و در غیر این صورت، فرایند حراج با تعیین بالاترین امتیاز به‌عنوان برنده، متوقف می‌گردد.
Flow 2	OASP، درخواست حراج ثبت‌شده را به‌صورت باز منتشر می‌نماید. در این آگهی انتشار از متقاضیان شرکت در حراج درخواست می‌گردد تا در مدت‌زمان مشخصی، پیشنهاد خود را مطابق با درخواست ثبت‌شده‌ی خریدار در پلتفرم OASP ثبت نمایند.	OASP، با استفاده از اطلاعات مربوط به پیشنهادهای فروشندگان و امتیازات ارسال‌شده توسط خریدار، اطلاعات زیر را در اختیار فروشندگان قرار می‌دهد: امتیاز و رتبه‌ی هر یک از فروشندگان در اختیار خود فروشنده قرار می‌گیرد تخمین تابع امتیاز خریدار در اختیار همه‌ی فروشندگان قرار می‌گیرد
Flow 3	فروشندگان باتوجه‌به شرایط خود و درخواست ارائه‌شده، پیشنهادهای خود را در پلتفرم OASP ثبت می‌نمایند.	فروشندگان با استفاده از اطلاعات اخذشده از OASP، پیشنهاد بهینه‌ی خود را محاسبه می‌نمایند و پیشنهاد جدید را در OASP ثبت می‌نمایند.
Flow 4	OASP، تمامی اطلاعات اخذشده توسط فروشندگان را در اختیار خریدار قرار می‌دهد. این اطلاعات شامل هویت فروشندگان و پیشنهادهای ثبت‌شده می‌باشد.	OASP، جزئیات پیشنهاد جدید را در اختیار خریدار قرار می‌دهد.

منبع: مدل پیشنهادی تحقیق

یک بازار ساز به‌عنوان واسط، تاریخچه‌ی عملیات حراج برای خریداران را در اختیار دارد. ازاین‌رو درصورتی‌که خریدار در تابع امتیازدهی خود تغییری ایجاد نکرده باشد، بازار ساز می‌تواند با استفاده از داده‌های حراج‌های گذشته‌ی خریدار، تخمین مناسب‌تری برای تابع امتیازدهی داشته باشد. درصورتی‌که یک فروشنده برای نخستین‌بار از پلتفرم حراج استفاده نماید، تعیین برندگان حراج از دورهای بالاتر (برای مثال دور دوم به بعد) تعیین می‌گردد تا داده‌های کافی جهت برازش تابع امتیازدهی کسب گردد. در این شرایط گاهاً می‌توان تعداد نمونه‌ها جهت برازش تابع را با نمونه‌برداری مجدد از داده‌های کسب‌شده از دورهای آغازین تأمین نمود. در ادامه به تشریح فرمول‌بندی ریاضی فرایند حراج می‌پردازیم.

مسئله‌ای را فرض کنید که در آن n فروشنده، K شاخصه و یک خریدار وجود دارد. فروشنده i ام یک پیشنهاد برداری $S_i^j = \left(a_{i1}^j, \dots, a_{ik}^j\right)$ را در هر دور تا اعلام پایان حراج و تعیین برنده، در اختیار OASP می‌گذارد بطوریکه a_{ik}^j، k امین شاخصه‌ی پیشنهادی فروشنده‌ی i ام در دور j ام حراج می‌باشد. در دور اول، هر یک از فروشندگان بنا به قابلیت‌های خود پیشنهاد اولیه‌ای را در پلتفرم OASP ثبت می‌کنند. این پیشنهاد توسط OASP، در اختیار خریدار قرار می‌گیرد. در این مقاله، به‌منظور محاسبه‌ی امتیاز فروشندگان توسط خریدار، سه سناریو در نظر گرفته‌شده است. در ادامه مسائلی که خریدار، OASP و فروشنده با آن مواجه می‌باشند، تشریح می‌گردد.

۱.۳ مسئله خریدار

خریدار در هر دور، پس از دریافت پیشنهادهای $S_i^j = \left(a_{i1}^j, \dots, a_{ik}^j\right)$ فروشندگان، با توجه به مثبت یا منفی بودن شاخصه‌ها، مقادیر پیشنهادهای را نرمال‌سازی می‌کنند (رابطه ۱ برای شاخصه‌های مثبت و رابطه ۲ برای شاخصه‌های منفی). سپس با استفاده از تابع امتیازدهی خود، امتیاز هر یک از فروشندگان را محاسبه می‌نماید. در اینجا ۳ نوع تابع امتیازدهی برای خریدار مورد مقایسه قرارگرفته است: تابع امتیازدهی جمعی، تابع امتیازدهی ضربی و تابع امتیازدهی ریسک گریز

$$\acute{a}_{ik}^j = \frac{a_{ik}^j}{\max\left\{a_{1k}^j, a_{2k}^j, \dots, a_{nk}^j\right\}} \quad for\ i = 1, \dots, n, k = 1, \dots, K, and\ positive\ attributes \tag{1}$$

$$\acute{a}_{ik}^j = \frac{\max\left\{a_{1k}^j, a_{2k}^j, \dots, a_{nk}^j\right\}}{a_{ik}^j} \quad for\ i = 1, \dots, n, k = 1, \dots, K, and\ negative\ attributes \tag{2}$$

۱.۱.۳ تابع امتیازدهی جمعی و ضربی خریدار

در تابع امتیازدهی جمعی (Additive)، امتیازدهی فروشندگان بر اساس جمع موزون مقادیر شاخصه‌ها (رابطه ۳) و در تابع امتیازدهی ضربی (Multiplicative) ، بر اساس حاصل‌ضرب موزون شاخصه‌ها (رابطه ٤) صورت می‌پذیرد (Huang et al., 2016). در این رابطه w_k وزن شاخصه‌ی k ام، می‌باشد.

$$Score_i^j = \sum_{k=1}^{K} w_k \acute{a}_{ik}^j \quad (۳)$$

$$Score_i^j = \prod_{k=1}^{K} (1 + w_k \acute{a}_{ik}^j) - 1 \quad (٤)$$

۲.۱.۳ تابع امتیازدهی ریسک‌گریز خریدار

در این سناریو رفتار ریسک‌گریزی (Risk-Aversion) خریدار بر اساس مبانی تئوری چشم-انداز تعریف می‌گردد (Kahneman & Tversky, 2013). در این حالت، خریدار برای هر یک از شاخصه‌ها، مقدار ایده‌آل $S_i^{j*} = \left(a_{i1}^{j*}, \dots, a_{ik}^{j*}\right)$ را تعریف می‌نماید. ابتدا هر یک از پیشنهادهای توسط رابطه‌ی ٤، به یک پیشنهاد ریسک گریز تبدیل می‌شود (Huang et al., 2016):

$$A_{ik}^j = \begin{cases} \left(\acute{a}_{ik}^j - \acute{a}_{ik}^{j*}\right)^{\alpha} & \acute{a}_{ik}^j - \acute{a}_{ik}^{j*} \geq 0 \\ -\theta\left(\acute{a}_{ik}^{j*} - \acute{a}_{ik}^j\right)^{\beta} & \acute{a}_{ik}^j - \acute{a}_{ik}^{j*} < 0 \end{cases} \quad (۵)$$

در رابطه ٤، $0 < \alpha < 1$ و $0 < \beta < 1$ به ترتیب پارامترهای مرتبط با سود (بزرگ‌تر بودن مقدار شاخصه از مقدار ایده آل) و زیان (کوچک‌تر بودن مقدار شاخصه از ایده آل) می‌باشد. پارامتر θ بیانگر رفتار ریسکی خریدار می‌باشد. $\theta > 1$ به معنای ریسک گریزی، $0 < \theta < 1$، ریسک‌پذیری و $\theta = 1$ ریسک خنثی می‌باشد. مشابه با رابطه‌ی ۳ امتیاز اولیه از رابطه ٦ به دست می‌آید:

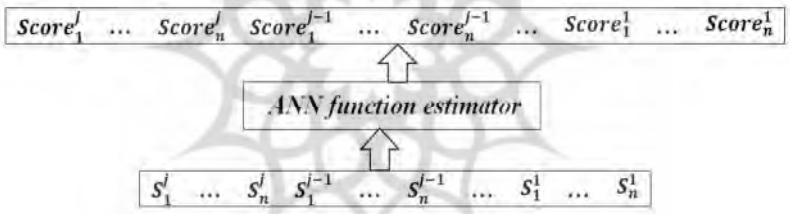
$$iScore_i^j = \sum_{k=1}^{K} w_k A_{ik}^j \quad (٦)$$

ازآنجایی‌که امکان منفی شدن امتیاز وجود دارد، از رابطه‌ی ۷، امتیاز نهایی محاسبه می-گردد:

$$Score_i^j = \begin{cases} iScore_i^j - \min\{iScore_i^j, i = ۱,..,n\} + ۱ & \min\{iScore_i^j, i = ۱,..,n\} < \\ iScore_i^j + \min\{iScore_i^j, i = ۱,..,n\} + ۱ & \min\{iScore_i^j, i = ۱,..,n\} > \end{cases} \quad (۷)$$

۲.۳ مسئله OASP

پس از محاسبه‌ی امتیاز هر یک از فروشندگان و رتبه‌بندی آن‌ها، این اطلاعات در اختیار OASP قرار می‌گیرد. OASP با استفاده از مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه تابع امتیازدهی خریدار را تخمین می‌زند. ساختار تخمین تابع امتیازدهی خریدار با استفاده از شبکه عصبی به‌صورت شکل ۲ می‌باشد. در این ساختار ورودی‌های مدل، پیشنهادهای فروشندگان تا دوره‌ی j ام می‌باشد و مقادیر هدف، امتیازهای هر یک از پیشنهادهای می‌باشد. OASP با آموزش شبکه‌ی عصبی، تابع $net^j(S_i^j)$ را جهت بهبود پیشنهادهای فروشندگان، در اختیار آن‌ها می‌گذارد.



شکل ۲ : ساختار تخمین تابع امتیازدهی خریدار با استفاده از شبکه عصبی

۳.۳ مسئله فروشنده

فروشنده، برای تعیین مقادیر پیشنهاد جدید خود از پیش‌بینی تابع امتیازدهی که توسط OASP انجام‌شده، استفاده می‌نماید. مسئله‌ی تعیین پیشنهاد جدید برای فروشنده در دوره‌ی j ام به‌صورت مسئله‌ی ۸ تا ۱۱ طراحی‌شده است.

$$max \quad \pi_i^j = a_{i۱}^j - C(S_i^j) \quad (۸)$$

$$min \quad d_i = \left| net^j(S_i^j) - net^j\left(S_i^{j^*}\right) \right| \quad (۹)$$

$$s.t \qquad net^j(S_i^j) \geq net^j(S_i^{j-k}) \qquad for\ k = ۱, \dots, j-۱ \tag{۱۰}$$

$$\underline{a_{ik}^j} \leq a_{ik}^j \leq \overline{a_{ık}^J} \qquad for\ k = ۱, \dots, K \tag{۱۱}$$

با فرض اینکه $a_{i۱}^j$، شاخصه‌ی قیمت در دوره‌ی j ام می‌باشد، در تابع هدف رابطه ۸، سود π_i^j خریدار i ام حداکثر می‌گردد بطوریکه $C(S_i^j)$ تابع هزینه‌ی پیشنهاد S_i^j می‌باشد. در تابع هدف رابطه ۹، فاصله‌ی میان تخمین امتیاز پیشنهاد فعلی و تخمین امتیاز پیشنهاد ایده آل $S_i^{j^*}$ از دید خریدار حداقل می‌گردد. پیشنهاد ایده آل $S_i^{j^*}$ عبارت است از حد بالای شاخصه‌ی a_{ik}^j برای شاخصه‌های مثبت و حد پایین برای شاخصه‌های منفی. درصورتی‌که خریدار مقادیر ایده آل خود را برای هر شاخصه پیشنهاد دهد، فروشندگان از این مقادیر استفاده می‌نمایند در غیر این صورت، هر فروشنده از پیش‌بینی خود برای مقدار ایده آل خریدار استفاده می‌نماید. محدودیت رابطه ۱۰ تصریح می‌کند که امتیاز تخمینی برای پیشنهاد فعلی، بالاتر از امتیاز تخمینی پیشنهادهای دورهای قبلی باشد. محدودیت رابطه ۱۱، حدود توانایی خریدار را در عرضه‌ی یک شاخصه مشخص می‌نماید بطوریکه $\underline{a_{ik}^j}$ حد پایین و $\overline{a_{ık}^J}$ حد بالای شاخصه‌ی a_{ik}^j می باشد.

٤. ارزیابی مدل

در این قسمت به‌منظور ارزیابی مدل ارائه‌شده، فرایند حراج پیشنهادی با درنظرگرفتن چند عامل فروشنده و یک عامل خریدار شبیه‌سازی‌شده است. بدین منظور از نرم‌افزار MATLAB نسخه‌ی ۲۰۱٦ استفاده‌شده است. هدف اصلی شبیه‌سازی، ارزیابی کارایی مدل در وضعیت‌های مختلف می‌باشد. ارزیابی در دو حالت معلوم بودن تابع امتیازدهی خریدار (حالت باز)، تخمین تابع امتیازدهی توسط OAS (حالت نیمه‌بسته) در نظر گرفته‌شده است. برای هر یک از دو حالت، سه نوع تابع امتیازدهی جمعی، ضربی و ریسک‌گریز در نظر گرفته‌شده است.

در حالت باز مدل مسئله‌ی فروشنده تبدیل به مسئله‌ی ۱۱-۱٤ می‌گردد.

$$max \quad \pi_i^j = a_{i1}^j - C(S_i^j) \tag{۱۲}$$

$$min \quad d_i = \left|Score(S_i^j) - Score\left(S_i^{j^*}\right)\right| \tag{۱۳}$$

$$s.t \quad Score(S_i^j) \geq Score(S_i^{j-k}) \quad for\ k = 1, \dots, j-1 \tag{۱۴}$$

$$a_{i1}^j - C(S_i^j) > 0$$

$$\underline{a_{ik}^j} \leq a_{ik}^j \leq \overline{a_{ik}^J} \quad for\ k = 1, \dots, K \tag{۱۵}$$

همچنین معیارهای زیر به‌عنوان شاخص‌هایی جهت ارزیابی مدل در نظر گرفته می‌شود.

۱. میانگین امتیازات نفر برنده

۲. میانگین سود نفر برنده

۳. تعداد دور در هر فرایند حراج

فرایند شبیه‌سازی در حالت کلی به‌صورت شبه کد ارائه‌شده در جدول ٤ صورت می‌پذیرد.

جدول ۴: شبه کد فرآیند شبیه‌سازی مسئله

گام	شرح
۱	راه‌اندازی
۲	تعداد تکرار شبیه‌سازی =I
۳	تعداد فروشندگان =n
۴	آستانه بهبود=Δ_T
۵	۱=S
۶	تا زمانی که S<I گام‌های ۵-۱۵ را انجام بده
۷	دور (j)=۱
۸	به تعداد n پیشنهاد تصادفی $S_i^j = \left(a_{i1}^j, \dots, a_{ik}^j\right)$ تولید می‌گردد
۹	برای هر n پیشنهاد $Score_i^j$ محاسبه می‌گردد
۱۰	بالاترین $Score_i^j$ و i مربوطه ذخیره می‌گردد
۱۱	شبکه‌ی عصبی برای ورودی $(S_1^j, \dots, S_n^j, S_1^{j-1}, \dots, S_n^{j-1}, \dots, S_1^1, \dots, S_n^1)$ و هدف $\left(Score_1^j, \dots, Score_n^j, Sceor_1^{j-1}, \dots, Score_n^{j-1}, \dots, Score_1^1, \dots, Score_n^1\right)$ آموزش داده می‌شود

۱۲	$j+1=j$
۱۳	n پیشنهاد جدید $S_i^{j+1}=\left(a_{i1}^{j+1},\dots,a_{ik}^{j+1}\right)$ با حل مدل فروشنده بدست می‌آید.
۱۴	برای هر n پیشنهاد $Score_i^{j+1}$ محاسبه می‌گردد
۱۵	بالاترین $Score_i^j$ و i مربوطه ذخیره می‌گردد
۱۶	اگر $\Delta=\frac{Score_i^{j+1}-Score_i^j}{Score_i^j}\geq\Delta_T$ برو به ۱۱ در غیر اینصورت برو به ۱۷
۱۷	پایان

منبع: مدل پیشنهادی تحقیق

در فرایند شبیه‌سازی مقادیر پارامترهای تعداد تکرار شبیه‌سازی (I)، تعداد فروشندگان (n)، آستانه بهبود (Δ) و پارامترهای تابع امتیازدهی ریسک گریز خریدار (θ,α,β)به‌صورت جدول ۵ در نظر گرفته‌شده است. تابع هزینه‌ی رابطه‌ی ۵ به‌صورت ترکیب وزنی شاخصه‌ها در نظر گرفته‌شده است یعنی: $C(S_i^j)=\sum_{k=1}^{K}u_k\acute{a}_{ik}^j$. مقدار هزینه-ی واحد u_k برای محاسبه‌ی تابع هزینه‌ی فروشندگان، اوزان w_k توابع امتیازدهی خریدار برای هر یک از شاخصه‌ها و بردار پیشنهاد ایده‌آل $S_i^{j^*}$ در پیوست الف ارائه‌شده است. در هر تکرار شبیه‌سازی، مقادیر پارامترهای جدول ۵، و پارامترهای اشاره‌شده (u_k ،w_k و $S_i^{j^*}$) ثابت می‌باشد و تنها بردار اولیه‌ی پیشنهاد برای هر یک از فروشندگان تغییر می‌نماید. همچنین این مقادیر ثابت جهت مقایسه‌ی دو حالت معلوم بودن تابع خریدار(باز و نیمه بسته) و سه حالت تابع امتیازدهی خریدار (جمعی، ضربی، ریسک گریز) یکسان در نظر گرفته‌شده است. استفاده از تابع فعال‌سازی غیرخطی در شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه، عموماً عملکرد بهتری را از خود نشان می‌دهد (Zhang & Suganthan, 2016)؛ ازاین‌رو از تابع فعال‌سازی $tanh(x)$ جهت نگاشت ورودی و متغیر پاسخ استفاده‌شده است. بنابراین تابع $net^j(.)$ غیرخطی است. همین موضوع باعث می‌شود که مسئله‌ی ۷ تا ۱۰ به دلیل وجود تابع هدف ۸ و محدودیت ۹ یک مدل دو هدفه‌ی غیرخطی باشد.

در اینجا به‌منظور حل مسئله‌ی فروشنده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه‌ی NSGAII استفاده‌شده است. ازآنجایی‌که جواب‌های مدل NSGAII به شکل جبهه‌ی پارتو به دست

می‌آید، جهت انتخاب جواب بهینه از بین جواب‌های جبهه‌ی پارتو، اولویت به سود (تابع هدف اول) داده شده است. اندازه لایه پنهان برای شبکه‌ی عصبی (تعداد نورون‌های لایه‌ی پنهان) ۱۰ و تابع یادگیری شبکه‌ی عصبی، لونبرگ – مارکاد است. برای روش NSGAII، اندازه‌ی جمعیت ۲۰۰، نسبت تقاطع ۰/۸ و نسبت پارتو ۰/۳۵ در نظر گرفته‌شده است.

جدول ۵: پارامترهای شبیه‌سازی

شرح پارامتر	پارامتر	مقدار
تعداد تکرار شبیه‌سازی	I	۵۰
تعداد فروشندگان	n	٦
آستانه بهبود	Δ_t	۰/۰۵
پارامترهای تابع امتیازدهی ریسک‌گریز	θ	۲
	α	۰/۵
	β	۰/۵

منبع: مدل پیشنهادی تحقیق

۵. نتایج شبیه‌سازی

در این بخش نتایج فرایند شبیه‌سازی برای دو رویکرد باز (معلوم بودن تابع امتیازدهی خریدار برای فروشندگان) و رویکرد نیمه‌بسته (تخمین تابع امتیازدهی خریدار توسط OASP و گزارش به فروشندگان) ارائه‌شده است. جدول ٦ تا جدول ۸ یک مثال عددی که نشان‌دهنده‌ی یکی از تکرارهای شبیه‌سازی است را به ترتیب برای حالت باز با توابع امتیازدهی جمعی، ضربی، ریسک گریز نشان می‌دهد. در دور نخست، بردار پیشنهاد برای همه‌ی حالات یکسان می‌باشد. در هر جدول فروشنده‌ای که بالاترین امتیاز را کسب کرده است، با فونت ضخیم مشخص‌شده است.

در جدول ٦ که متعلق به نتایج حراج باز با تابع جمعی است، در دور اول فروشنده‌ی ششم، بالاترین امتیاز را کسب کرده است. در دور دوم فروشندگان با حل مدل ۱۲ تا ۱۵ پیشنهادهای جدید خود را ارائه نموده‌اند و فروشنده‌ی پنجم بالاترین امتیاز را کسب کرده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد امتیاز تمامی فروشندگان ارتقاءیافته است. ازآنجایی‌که Δ = ۰/۰٦٦ بزرگ‌تر از حد آستانهΔ_T =۰.۰۵ می‌باشد، حراج به دور بعدی می‌رود. در دور سوم میزان بهبود امتیاز Δ =۰.۰۰٤٦ کمتر از حد آستانه است و بنابراین فرآیند حراج متوقف

می‌گردد. برنده‌ی حراج، دارنده‌ی بالاترین امتیاز در دور دوم یعنی فروشنده‌ی پنجم می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد سود فروشنده‌ی برنده یعنی فروشنده‌ی پنجم در دور دوم، نسبت به دور نخست، افزایش پیداکرده است. بنابراین برای این فروشنده، امکان هم‌زمان بهبود پیشنهاد (افزایش امتیاز) و سود در دور دوم وجود داشته است.

در جدول ۷، که متعلق به حراج باز با تابع ضربی است، فروشنده‌ی ششم به‌عنوان برنده‌ی حراج در دور نخست مشخص‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد فروشنده‌ی پنجم و ششم قابلیت بهبود پیشنهاد را برای دور آتی نداشته‌اند ولی سایر فروشندگان پیشنهادهای خود را ارتقاء داده‌اند.

در جدول ۸ ، نتایج حراج باز با تابع امتیازدهی ریسک گریز ارائه‌شده است. مشابه با دو حالت امتیازدهی پیشین، در دور نخست بهترین پیشنهاد متعلق به فروشنده‌ی ششم است. در دور دوم، فروشنده‌ی پنجم بهترین پیشنهاد را ارائه نموده است. با توجه به اینکه ۰.۰٤۸٦ = Δ بنابراین فروشندگان پیشنهادهای جدید خود را ارائه نموده‌اند. در دور سوم هیچ‌کدام از فروشندگان توانایی بهبود پیشنهاد خود را نداشته‌اند و ۰ = Δ. بنابراین فروشنده‌ی برنده فروشنده‌ی پنجم می‌باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۶ :نتایج تکرار اول شبیه‌سازی برای حراج باز–امتیازدهی جمعی

دور اول							دور دوم							دور سوم						
فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده
	۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤		
۱	٦	٥	۱	۲	۲/۸۵۰	۲/٤٤۹	۹/۹۳٤	۰/۹٤٦	۲/۰۸٤	۷/۱٦۲	۲/۸۷٥	٦/۰۲٤	۹/۹۷٦	۰/۰۸۱	۱/۲٥۹	۸/٤٦٤	۲/۸۷٦	٦/٤۹۷
۲	۸	۲	۱	٦	۲/۹٥۰	٥/۱۱۷	۹/۹۷۳	۱/۳٦۷	٤/٦٤٦	٥/۰۲۸	۲/۹٥۰	٦/۲۹٦	۹/۹٥۲	۰/۱٦٦	٤/٦۷۱	٦/۰٤٥	۳/۰۲۷	٦/٤۸۸
۳	۸	۲	٦	۳	۳/۳۰۰	۲/٦۱٤	۹/۹۸٥	۷/۱٥٥	۰/۱٤٥	۷/۳۸۹	۳/٦۸۸	٦/۱۸٦	۹/۹۹۱	٥/۸۱٤	۰/۱۰۰	۸/۳۳۱	۳/٦۸۹	٦/۳٦۸
٤	٥	۲	۲	۲	۲/۷٥۰	۲/۸۲۹	۹/۹۸٥	۲/۷۹۰	۰/٦۱۰	٦/۷۹۰	۲/۷٥۱	٦/٦۳۹	۹/۹۹۹	٦/۲٥۰	۰/۳۱۹	٤/۷۳٥	۲/۷٥۰	٦/٦۲۹
٥	۸	٥	۲	٥	۳/٥۰۰	٥/۰٦۷	۱۰/۰۰۰	۷/۲۱۲	۱/٥۹۷	٦/٤۸۰	۳/۷۸٦	٦/٦۸٤	۹/۹٤٤	٤/۷٥۹	۱/٥۱۹	۸/۱۹۳	۳/۸۰۳	٦/٦٦۳
٦	۷	۲	٦	۳	۳/٥٥۰	۳/۷۰۸	۹/۹۹۸	۷/٤۳٦	٦/۸۱۱	۱/۱۹٥	۳/٥٥۰	٥/۹۳۹	۹/۹۸٦	۷/۰۹٥	۸/۲۲۲	۰/۲۳۸	۳/٥٥۰	٦/۲۸۱
Δ						-	Δ				۰/۰٦٦		Δ				۰/۰۰٤٦	

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۷ : نتایج دور اول تکرار اول شبیه سازی برای حراج باز-امتیازدهی ضربی

دور اول							دور دوم					
فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده
	۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤		
۱	٦	٥	۱	۲	۷/۰۰	۲/٤٤۹	٥/۸۸۹	۰/۰۰٥	۰/۰۱٤	۹/۸۱٦	۷/۰۳٥	۲/٦۸۲
۲	۸	۲	۱	٦	٦/۳٥	٥/۱۱۷	٦/۱٦٤	۰/۰٦۲	۰/۰۲۸	۹/۱۷۳	٦/٤۹۲	۳/٥٦۸
۳	۸	۲	٦	۳	۸/۹۸	۲/٦۱٤	٤/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	۹/۹۸۰	۹/۰۰٤	۱/٦٥۳
٤	٥	۲	۲	۲	٦/٥٦	۲/۸۲۹	٦/۳٦٤	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۹/۸٦٥	٦/٥۷۰	۲/۹٥۷
٥	۸	٥	۲	٥	۱۰/۲٥	٥/۰٦۷	۸/۰۰۰	٥/۰۰۰	۲/۰۰۰	٥/۰۰۰	۱۰/۲٥	٥/۰٦۷
٦	۷	۲	٦	۳	۱۰/٦٤	۳/۷۰۸	۷/۰۰۰	۲/۰۰۰	٦/۰۰۰	۳/۰۰۰	۱۰/٦٤	۳/۷۰۸
۵					-		۵				۰	

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۸ :نتایج دور اول تکرار اول شبیه سازی برای حراج باز –امتیازدهی ریسک گریز

دور اول							دور دوم						دور سوم					
فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده
	۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤		
۱	٦	٥	۱	۲	۲/٥۰۷	۲/٤٤۹	۹/۹۸٤	۰/۰۹٥	۰/۰٤٤	۸/۰۲۷	۳/۰۰۷	۷/۳۰۱	۹/۹۸٤	۰/۰۹٥	۰/۰٤٤	۸/۰۲۷	۳/۰۰۷	۷/۳۰۱
۲	۸	۲	۱	٦	۲/۳٤۱	٥/۱۱۷	۹/۹۹٤	۰/۹٤٤	۰/٥٥۹	۷/۹٤۱	۳/۸٤۱	۷/۱۷٦	۹/۹۹٤	۰/۹٤٤	۰/٥٥۹	۷/۹٤۱	۳/۸٤۱	۷/۱۷٦
۳	۸	۲	٦	۳	۲/٤٦٤	۲/٦۱٤	۹/۹۷٦	۸/۳٥۱	۰/۰۰۷	۳/۷۲۷	۳/۹٦٤	٦/۸۰۹	۹/۹۷٦	۸/۳٥۱	۰/۰۰۷	۳/۷۲۷	۳/۹٦٤	٦/۸۰۹
۴	٥	۲	۲	۲	۲/٥٦۸	۲/۸۲۹	۹/۹۹۳	۸/۷۰۹	۰/۰٤۰	٤/۱۰۱	۲/٥٦۸	٦/۳٥۷	۹/۹٦۳	۹/٤۳٤	۰/۲۱٦	۳/٥٤٦	۲/٥٦۸	٦/۲٤۹
۵	۸	٥	۲	٥	۲/٥۳٦	٥/۰٦۷	۱۰/۰۰۰	۸/۰٤۰	۰/۰۰۱	٤/۷٤۱	٤/۰۳٦	۷/۸۷٤	۱۰/۰۰۰	۸/۰٤۰	۰/۰۰۱	٤/۷٤۱	٤/۰۳٦	۷/۸۷٤
۶	۷	۲	٦	۳	۲/۷۱٤	۳/۷۰۸	۹/۹۹۹	۱/٤۸۲	۹/۹۸۸	۰/۷۹۱	۳/۷۱٤	۷/۳۱۱	۹/۹۹۹	۱/٤۸۲	۹/۹۸۸	۰/۷۹۱	۳/۷۱٤	٥/۸۱٥
Δ						-	Δ					۰/٤۸٦	Δ					۰

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیش از اجرای شبیه‌سازی حراج نیمه‌بسته، با فرض اینکه فروشنده دارای تاریخچه‌ی استفاده از پلتفرم حراج برای یک کالای مشخص و با شاخصه‌های مشخص می‌باشد، برای هر یک از حالات تابع امتیازدهی یک شبکه‌ی پرسپترون چندلایه با ۱۰۰ پیشنهاد تصادفی آموزش‌داده‌شده است (۱۰۰ پیشنهاد به همراه امتیاز پیشنهاد برای هر یک از حالات امتیازدهی). در هر دور شبکه‌ی آموزش‌دیده، اطلاعات جدید (پیشنهادهای جدید و امتیاز جدید) به مجموعه داده‌های پیشین افزوده می‌گردد و شبکه مجدداً تحت آموزش قرار می‌گیرد.

در جدول ۹ تا جدول ۱۱، نتایج یک تکرار شبیه‌سازی برای حراج نیمه‌بسته ارائه شده‌است. در جدول ۹ نتایج حراج نیمه‌بسته با تابع جمعی ارائه شده است. مشابه با حالت حراج باز، در اینجا نیز فروشنده‌ی ششم در دور نخست بالاترین امتیاز را کسب کرده است. در دور دوم نیز بالاترین امتیاز متعلق به فروشنده‌ی ششم می‌باشد اما در دور سوم، فروشنده‌ی پنجم بالاترین امتیاز را کسب کرده است و از آنجاییکه بهبود امتیاز در دور بعد کمتر از حد آستانه می‌باشد، فروشنده‌ی پنجم به عنوان برنده‌ی نهایی تعیین گردیده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، با مقایسه‌ی میان دو حراج با تابع امتیازدهی جمعی، امتیاز نهایی فروشنده‌ی برنده‌ی حراج نیمه بسته، بیشتر و سود فروشنده‌ی برنده کمتر از حالت حراج باز بوده است. در جدول ۱۰ نتایج حراج نیمه‌بسته‌ی ضربی ارائه شده است. مشابه با حراج باز فروشنده‌ی ششم برنده‌ی حراج می‌باشد. در دور سوم، هیچکدام از فروشندگان توانایی بهبود پیشنهاد را نداشته‌اند و بنابراین در دور دوم برنده‌ی حراج مشخص شده است. در اینجا نیز امتیاز نهایی فروشنده‌ی برنده‌ی حراج نیمه بسته، بیشتر و سود فروشنده‌ی برنده کمتر از حالت حراج باز بوده است. در جدول ۱۱نتایج حراج نیمه‌بسته با تابع امتیازدهی ریسک‌گریز ارائه شده است. پس از دور نخست، فروشندگان امکان بهبود پیشنهاد خود را نداشته‌اند و بنابراین فروشنده‌ی ششم که دارای بالاترین امتیاز در دور نخست بوده است، به عنوان برنده‌ی حراج تعیین شده است. بر خلاف دو حالت امتیازدهی جمعی و ضربی در اینجا امتیاز فروشنده‌ی برنده در حراج نیمه‌بسته بیشتر و سود فروشنده‌ی برنده کمتر از حراج باز می‌باشد.

جدول ۹: نتایج تکرار اول شبیه سازی برای حراج نیمه بسته –امتیازدهی جمعی

فروشنده	دور اول						دور دوم						دور سوم						دور چهارم					
	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده
	۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤		
۱	٦	٥	۱	۲	۲/۸۵۲	۲/٤٤۹	۱۰/۰۰۰	۰/۳۲۷	۰/۸٤٦	۸/٦۰٤	۵/۳۵۸	٦/۵۸٤	۹/۹۸۰	۱/٤۹۳	۸/۲٤۵	۹/۹۸۹	۷/۸۵۱	۱/۵٤٦	۹/۹۸۰	۱/٤۹۳	۸/۲٤۵	۹/۹۸۹	۷/۸۵۱	۱/۵٤٦
۲	٦	۱	۲	۸	۲/۹۵۳	۵/۱۱۷	۹/۸۱۵	۲/۵۳۳	۳/۰۵۱	۵/٤٤۵	۵/۳۵٦	٦/۱۱۲	۱۰/۰۰۰	۰/٦۹۸	۹/٤۷۵	۹/۵۱٤	۷/۸٦۳	۳/۵۸۸	۱۰/۰۰۰	۰/٦۹۸	۹/٤۷۵	۹/۵۱٤	۷/۸٦۳	۳/۵۸۸
۳	۳	٦	۲	۸	۳/۳۰۱	۲/٦۱٤	۹/۹٦۸	٤/٦۵۲	۰/۳۹۹	۷/۵٤٤	۵/۷۸۵	٦/٦٤۲	۹/۹٦۸	٤/٦۵۲	۰/۳۹۹	۷/۵٤٤	۵/۷۸۵	٦/٦٤۲	۹/۹٦۸	٤/٦۵۲	۰/۳۹۹	۷/۵٤٤	۵/۷۸۵	٦/٦٤۲
۴	۲	۲	۲	٥	۲/۷۵٤	۲/۸۲۹	۹/۹۹۳	۰/۵۹۲	۰/۰۱۲	۸/۷۵۵	۵/۲٤٦	٦/۸۱٦	۱۰/۰۰۰	۹/۵۳۰	۱/۸۸۹	۹/۵۵٦	۷/۷٤۵	۳/۳۷۲	۱۰/۰۰۰	۹/۵۳۰	۱/۸۸۹	۹/۵۵٦	۷/۷٤۵	۳/۳۷۲
۵	۵	۲	۵	۸	۳/۵۰۲	۵/۰٦۷	۹/۹۹۱	۷/۳۷۰	۰/۰۷۸	٦/۷۳۱	٦/۰۱۰	۷/٤۹۸	۹/۹۹۵	۸/۷٦۰	۵/۳۰۷	۹/۷٦۹	۸/۵۰۸	۳/۵۸۱	۹/۹۹۵	۸/۷٦۰	۵/۳۰۷	۹/۷٦۹	۸/۵۰۸	۳/۵۸۱
۶	۳	٦	۲	۷	۳/۵۵۱	۲/٤٤۹	۹/۹۹٦	۰/٦۸٤	۹/۱۹۱	۳/۷۱۳	٦/۰٤۸	٦/۵۸٤	۹/۹۹٦	۰/٦۸٤	۹/۱۹۱	۳/۷۱۳	٦/۰٤۸	٦/۵۸٤	۹/۹٦٦	۰/۰٤۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲٦	۲/۵۱۵	۱/۵٤٦
	Δ					-	Δ					۰/۷۰۳	Δ					۰/٤۰٦	Δ					0

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۰: نتایج تکرار اول شبیه سازی برای حراج نیمه بسته –امتیازدهی ضربی

فروشنده	دور اول						دور دوم						دور سوم						دور چهارم					
	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده
	۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤		
۱	٦	٥	۱	۲	۷/۰۰۰	۲/٤٤۹	۹/۸۷۰	٤/۸۲۲	۱/۵۲٤	٦/۲۲۲	۲۵/۹٦۵	٤/۷٤٤	۹/۸۷۰	٤/۸۲۲	۱/۵۲٤	٦/۲۲۲	۲۵/۹٦۵	٤/۷٤٤	۹/۸۷۰	٤/۸۲۲	۱/۵۲٤	٦/۲۲۲	۲۵/۹٦۵	٤/۷٤٤
۲	٦	۲	۱	۸	٦/۳۵۰	۵/۱۱۷	۹/۹۹۹	۱/٤۹۲	٤/۵٤٤	۵/۵۹۰	۲٤/۹۸۱	٦/۱٤۹	۹/۹۹۸	۵/۸۲۷	۸/۲۲۲	۹/۰۱۷	۸٤/۷۸٤	۲/۰۱۹	۹/۹۹۸	۵/۸۲۷	۸/۲۲۲	۹/۰۱۷	۸٤/۷۸٤	۲/۰۱۹

۳	۸	۲	٦	۳	۸/۹۷۵	۲/٦۱٤	۹/۹۷۷	٦/۳۱۰	۰/۸۹۳	۸/۸۲۵	۳٤/۲٦۷	۵/۵۵۵	۹/۹۷۷	٦/۳۱۰	۰/۸۹۳	۸/۸۲۵	۳٤/۲٦۷	۵/۵۵۵	۹/۹۷۷	٦/۳۱۰	۰/۸۹۳	۸/۸۲۵	۳٤/۲٦۷	۵/۵۵۵
٤	۵	۲	۲	۲	٦/۵٦۰	۲/۸۲۹	۹/۹۸۹	۵/۱۱۳	۲/٦۱٦	٤/۲۰۸	۲۵/٤٦۸	۵/۹٦۹	۹/۹۸۸	۹/۲٤۵	۵/۷٤۹	۸/۵۰٦	۸۵/۲٤۹	۱/۹۱۳	۹/۹۸۸	۹/۲٤۵	۵/۷٤۹	۸/۵۰٦	۸۵/۲٤۹	۱/۹۱۳
۵	۸	۵	۲	۵	۱۰/۲۵۰	۵/۰٦۷	۹/۹۹۹	۷/۵۷۹	۲/۳۲۲	٦/۱۲۰	۳۸/٤٦۲	٦/۲۷۹	۹/۲٤۲	۹/۹۹۹	٦/۸۹۳	۹/۹۹٦	۱۰۷/۱٤٤	۱/٦٦۸	۹/۲٤۲	۹/۹۹۹	٦/۸۹۳	۹/۹۹٦	۱۰۷/۱٤٤	۱/٦٦۸
٦	۷	۲	٦	۳	۱۰/٦۳۸	۳/۷۰۸	۹/۹٤۷	۵/٦۸۳	۷/۷۵٦	۲/۷۲٦	۳۸/۷۹۹	۵/٤۰۵	۹/۹۳۲	۹/۹۸۰	۹/۹۱۳	۸/۲۵٤	۱۲۵/۱٦۸	۰/۷۷۷	۹/۹۳۲	۹/۹۸۰	۹/۹۱۳	۸/۲۵٤	۱۲۵/۱٦۸	۰/۷۷۷
Δ					-		Δ			۲/٦٤۷		Δ				۲/۲۲٦		Δ				0	

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱۱: نتایج تکرار اول شبیه سازی برای حراج نیمه بسته -امتیازدهی ریسک گریز

دور اول							دور دوم					
فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده	شاخصه				امتیاز	سود فروشنده
	۱	۲	۳	٤			۱	۲	۳	٤		
۱	٦	٥	۱	۲	۲/٥۰۷	۲/٤٤۹	٦/۰۰	٥/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۲/٥۰۷	۲/٤٤۹
۲	۸	۲	۱	٦	۲/۳٤۱	٥/۱۱۷	۸/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	٦/۰۰	۲/۳٤۱	٥/۱۱۷
۳	۸	۲	٦	۳	۲/٤٦٤	۲/٦۱٤	۸/۰۰	۲/۰۰	٦/۰۰	۳/۰۰	۲/٤٦٤	۲/٦۱٤
٤	٥	۲	۲	۲	۲/٥٦۸	۲/۸۲۹	٥/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/٥٦۸	۲/۸۲۹
٥	۸	٥	۲	٥	۲/٥۳٦	٥/۰٦۷	۸/۰۰	٥/۰۰	۲/۰۰	٥/۰۰	۲/٥۳٦	٥/۰٦۷
٦	۷	۲	٦	۳	۲/۷۱٤	۳/۷۰۸	۷/۰۰	۲/۰۰	٦/۰۰	۳/۰۰	۲/۷۱٤	۳/۷۰۸
Δ					-		*Δ*				۰	

منبع: یافته‌های پژوهش

پس از پایان ۵۰ تکرار شبیه‌سازی، میانگین امتیاز فروشنده‌ی برنده، میانگین سود فروشنده‌ی برنده و میانگین تعداد دور حراج در دو حالت حراج باز و نیمه‌بسته و همچنین سه حالت توابع امتیازدهی جمعی، ضربی و ریسک‌گریز مورد مقایسه قرار گرفته است. بدین منظور از آزمون‌های نا پارامتری یو من – ویتنی(Mann–Whitney U test) یا جمع رتبه‌ای ویلکاکسون(Wilcoxon rank-sum test) برای مقایسه دو حالت حراج و از آزمون کروسکال والیس (Kruskal–Wallis test) برای مقایسه سه تابع امتیازدهی استفاده شده است. این دو آزمون معادل آزمون‌های زوجی t و آنالیز واریانس یک‌طرفه در شرایط پارامتری می‌باشند و مبتنی بر میانه‌های دو جمعیت مستقل تعریف می‌گردند. فرض صفر در هر دو آزمون برابری میانه‌های دو جامعه (در آزمون یو – من‌ویتنی دو جامعه و در آزمون کروسکال – والیس، دو یا چند جامعه) است. فرض یک در آزمون کروسکال والیس، نابرابری میانه‌ها میان حداقل یک زوج از جوامع مورد بررسی می‌باشد. برای نمونه‌های بزرگ آماره‌ی آزمون یو – من‌ویتنی از توزیع نرمال و آماره‌ی آزمون کروسکال – والیس از توزیع کای‌دو با $N-1$ درجه‌ی آزادی پیروی می‌نماید به‌طوری‌که N تعداد نمونه‌های تحت مقایسه می‌باشد. جدول ۱۲ نتایج آزمون یو من–ویتنی مقایسه‌ی دو شیوه‌ی حراج را در هر یک از توابع امتیازدهی نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد، در سطح اطمینان ۹۵٪ تفاوت معنادار میان دو نوع حراج باز و نیمه‌بسته تنها در نوع تابع امتیازدهی ریسک گریز و در معیارهای سود برنده‌ی حراج و تعداد دور حراج، وجود دارد.

شکل ۳ نمودارهای جعبه‌ای را برای مقایسه‌ی میان دو نـوع حـراج در توابـع امتیـازدهی مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می گردد در امتیازدهی ریسک‌گریز، میزان میانـه-ی سود برنده در حراج نیمه‌بسته کمتر از حراج باز می باشد و با توجـه بـه نتیجـه‌ی آزمـون این تفاوت معنادار است. از سوی دیگر میانه تعداد دور حراج در حراج نیمـه‌بسـته بـه طـور معناداری بیشتر از حراج باز، با در نظر گرفتن تابع امتیازدهی ریسک‌گریز می باشد.

جدول ۱۲: نتایج آزمون یو-من‌ویتنی جهت مقایسه حراج باز و حراج نیمه‌بسته در هر یک از توابع امتیازدهی

نوع امتیازدهی	معیار	آماره آزمون یو من - ویتنی (U)	p-value	نتیجه آزمون
جمعی	سود برنده حراج	۱/٦٤٧٧	۰/۰۹۹٤	تفاوت معنادار وجود ندارد
	امتیاز برنده حراج	۰/۲٦٦٥	۰/۷۸۹۹	تفاوت معنادار وجود ندارد
	تعداد دور حراج	۰/٤۱۷٥	۰/٦۷٦۳	تفاوت معنادار وجود ندارد
ضربی	سود برنده حراج	-۰/۷۲۸۱	۰/٤٦٦٦	تفاوت معنادار وجود ندارد
	امتیاز برنده حراج	-۰/۹٥۰٦	۰/۳٤۱۸	تفاوت معنادار وجود ندارد
	تعداد دور حراج	-۰/٦۸٦۸	۰/٤۹۲۲	تفاوت معنادار وجود ندارد
ریسک‌گریز	سود برنده حراج	-۳/٤۳۹۱	۰	تفاوت معنادار وجود دارد
	امتیاز برنده حراج	-۱/۰۳۳۸	۰/۳۰۱۲	تفاوت معنادار وجود ندارد
	تعداد دور حراج	-۳/۱۱۷۱	۰/۰۰۱۸	تفاوت معنادار وجود دارد

منبع: یافته‌های پژوهش

در جدول ۱۳ نتایج آزمون کروسکال-والیس برای مقایسه سه تابع امتیازدهی در هر یـک از دو نوع حراج باز و نیمه‌بسته ارائه شده است. همانطور که مشـاهده مـی‌گـردد، در سـطح اطمینان ۹۵٪ میان سود برنده‌ی حراج در سه روش امتیازدهی، چـه در حـراج بـاز و چـه در حراج نیمه‌بسته، تفاوت معناداری وجود دارد. البته این تمایز در حراج نیمه‌بسته قـوی نمـی-باشد (مقدار p-value نزدیک به ۰/۰۵). در شکل ٤ نمودارهای جعبه‌ای جهـت مقایسـه میـان توابع امتیازدهی مختلف برای هر یک از انواع حراج ارائه شده است. همـانطور کـه مشـاهده می گردد، در حراج باز اختلاف معناداری میان میانه‌ی معیار سود برنده‌ی حراج در سـه تـابع امتیازدهی مشاهده می گردد. بالاترین میانه‌ی سود متعلق به تابع امتیـازدهی ضـربی (۹/۷۷) ،

سپس تابع امتیازدهی جمعی (٦/٥٠٣) و در نهایت تابع امتیازدهی ریسک‌گریز می‌باشد. اختلاف میان سود برنده‌ی حراج در دو تابع امتیازدهی جمعی و ریسک گریز (٥/١٢٢) کمتر از اختلاف سود آنها با تابع امتیازدهی ریسک‌گریز می‌باشد. در حراج نیمه‌بسته نیز شرایط مشابهی با حراج باز برقرار می باشد. مطابق با آزمون کروسکال والیس در جدول ۱۳، اختلاف میان میانه‌های سود برنده‌ی حراج برای توابع امتیازدهی مختلف، معناداری اندکی برخوردار می‌باشد.

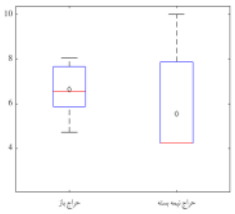
در شکل ٤ نمودار جعبه‌ای برای نمایش این اختلاف ارائه شده است. در این نمودار بالاترین میانه‌ی سود مشابه با حراج باز، متعلق به تابع امتیازدهی ضربی (٧/٧٥٠)، سپس تابع امتیازدهی ریسک‌گریز(٤/٣١٨١) و درنهایت تابع امتیازدهی جمعی (٤/٢٣٣٠) می‌باشد.

جدول ۱۳: نتایج آزمون کروسکال- والیس جهت مقایسه توابع امتیازدهی ضربی، جمعی و ریسک‌گریز در دو نوع حراج باز و نیمه‌بسته

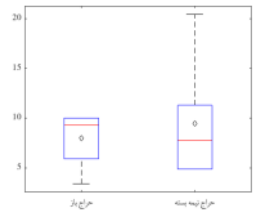
نوع حراج	معیار	آماره آزمون کروسکال - والیس	p-value	نتیجه آزمون
باز	سود برنده حراج	٣١/٧٤	٠	تفاوت معنادار وجود دارد
	تعداد دور حراج	١٤/٣٣	٠/٠٠٠٨	تفاوت معنادار وجود ندارد
نیمه‌بسته	سود برنده حراج	٨/٣٢	٠/٠١٥٦	تفاوت معنادار وجود دارد
	تعداد دور حراج	٢/٥	٠/٢٨٦٦	تفاوت معنادار وجود ندارد

منبع: یافته‌های پژوهش

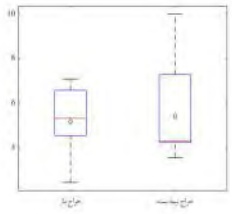
عدم وجود تفاوت معنادار در معیارهای سود برنده‌ی حراج، امتیاز برنده‌ی حراج و تعداد دور حراج در دو نوع حراج برای توابع امتیازدهی جمعی و ضربی می‌تواند نشان‌دهنده‌ی برازش موفق شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای این دو نوع تابع باشد. ازاین‌رو در حراج نیمه‌بسته علاوه بر عدم افشای تابع اصلی امتیازدهی خریدار برای فروشنده و OASP، تقریب مناسبی از این تابع توسط OASP، جهت بهبود پیشنهادهای فروشندگان در دورهای حراج ارائه شده است. از سوی دیگر استفاده از تابع امتیازدهی ضربی، سود بالاتری را عاید فروشنده‌ی برنده نموده است. این موضوع برای هر دو نوع حراج باز و نیمه‌بسته صادق می‌باشد.



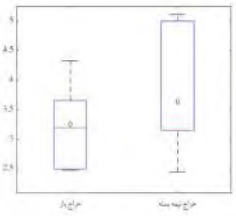
امتیازدهی جمعی – معیار سود برنده حراج



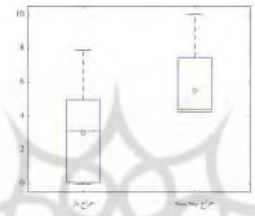
امتیازدهی ضربی – معیار سود برنده حراج



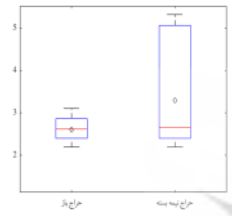
امتیازدهی ریسک‌گریز – معیار سود برنده حراج



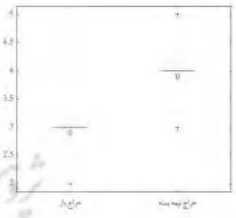
امتیازدهی جمعی – معیار امتیاز برنده حراج



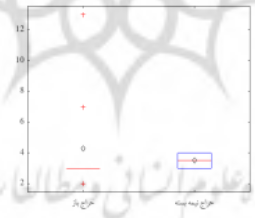
امتیازدهی ضربی – معیار امتیاز برنده حراج



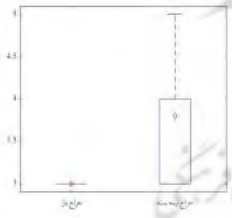
امتیازدهی ریسک‌گریز – معیار امتیاز برنده حراج



امتیازدهی جمعی – معیار تعداد دور حراج

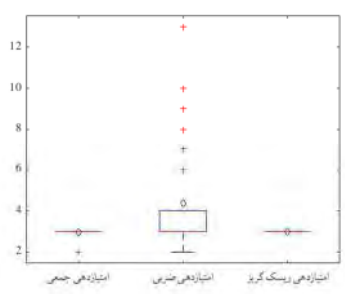


امتیازدهی ضربی – معیار تعداد دور حراج

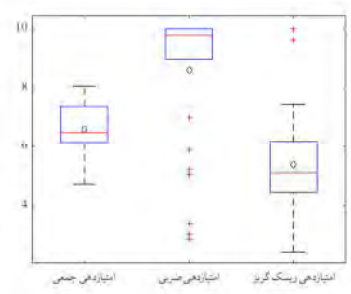


امتیازدهی ریسک‌گریز – معیار تعداد دور حراج

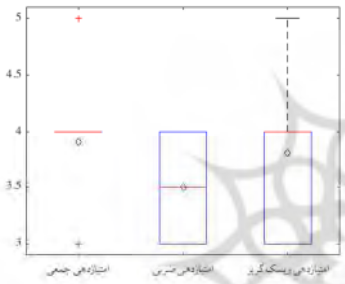
شکل ۳: نمودارهای جعبه ای برای مقایسه ی میان معیارهای سود برنده ی حراج، امتیاز برنده حراج و تعداد دور حراج برای دو نوع حراج باز و نیمه بسته در روش های امتیازدهی مختلف



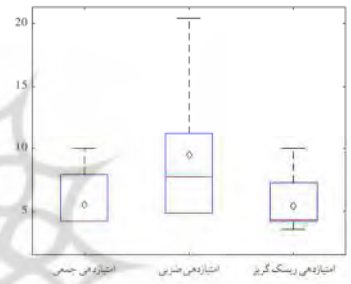
حراج باز – معیار تعداد دور حراج



حراج باز – معیار سود برنده حراج



حراج نیمه‌بسته – معیار دور



حراج نیمه‌بسته – معیار سود برنده حراج

شکل ۴:نمودارهای جعبه ای برای مقایسه ی میان معیارهای سود برنده ی حراج و تعداد دور حراج برای توابع امتیازدهی مختلف در دو نوع حراج باز و نیمه بسته

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله، یک چهارچوب حراج آنلاین معکوس چند شاخصه‌ی چند دوره‌ای ارائه‌شده است. مزیت روش پیشنهادی نسبت به روش‌های رقیب ارائه‌ی یک مکانیسم افشای اطلاعات خریدار برای فروشندگان می‌باشد. فروشندگان با استفاده از این اطلاعات که در هر دور حراج در اختیار ایشان قرار می‌گیرد، پیشنهادهای خود را بهبود می‌بخشند. این اطلاعات شامل تخمینی از تابع امتیازدهی خریدار می‌باشد که توسط یک واسط فراهم‌کننده‌ی حراج آنلاین و با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی صورت می‌پذیرد.

بعلاوه در مدل پیشنهادی این تحقیق، یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه جهت تعیین بهترین پیشنهاد فروشندگان ارائه شده است.

به‌منظور ارزیابی و اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، فرایند حراج، با درنظرگرفتن سه تابع امتیازدهی جمعی، ضربی و ریسک‌گریز شبیه‌سازی‌شده است و در ۱۰۰ تکرار با بردارهای پیشنهاد اولیه مختلف، نتایج پیشنهادها، امتیاز فروشندگان، سود فروشندگان و تعداد دور حراج به‌دست‌آمده است. بعلاوه فرایند شبیه‌سازی برای یک حراج باز مشابه، درحالی‌که فروشندگان از تابع امتیازدهی خریدار آگاهی کامل دارند، مدل‌سازی شده است. سه معیار سود فروشنده‌ی برنده، امتیاز فروشنده‌ی برنده و تعداد دور حراج جهت ارزیابی مدل‌های حراج و توابع امتیازدهی در نظر گرفته‌شده است. از دو آزمون نا پارامتری یو – من‌ویتنی جهت مقایسه‌های زوجی میان حراج باز و نیمه‌بسته و از آزمون کروسکال – والیس جهت مقایسه‌ی میان توابع امتیازدهی استفاده‌شده است. نتایج مقایسه‌ی میان دو حراج باز و نیمه‌بسته نشان داده است که میان سود فروشنده‌ی برنده و تعداد دور حراج در حراج نیمه‌بسته و حراج باز، با درنظرگرفتن تابع امتیازدهی ریسک‌گریز اختلاف معناداری وجود دارد و میانه‌ی سود فروشنده‌ی برنده در حراج باز بیشتر از حراج بسته و میانه‌ی تعداد دور حراج کمتر می‌باشد. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده‌ی برازش موفق تابع امتیازدهی جمعی و ضربی باشد؛ بنابراین با استفاده از رویکرد نیمه‌بسته و با درنظرگرفتن توابع امتیازدهی جمعی و ضربی علاوه بر عدم افشای تابع امتیازدهی خریدار برای فروشنده و OASP، با تخمین تابع امتیازدهی توسط OASP و ارائه به فروشندگان، پیشنهادهای فروشندگان در دورهای حراج در فضای جواب مسئله بهینه‌شده است. همچنین نتایج آزمون مقایسه‌ی میان سه تابع امتیازدهی نشان می‌دهد که هم در حراج باز و هم در حراج نیمه‌بسته، تابع امتیازدهی ضربی، سود بیشتری را برای برنده‌ی حراج به همراه داشته است؛ بنابراین استفاده از این سبک از امتیازدهی، می‌تواند تمایل فروشندگان را جهت شرکت مستمر در فرایند حراج معکوس آنلاین افزایش دهد.

اصلی‌ترین محدودیت این تحقیق عدم وجود اطلاعات واقعی جهت مقایسه و تعیین میزان صرفه‌جویی در فرایند انتخاب تأمین‌کننده می‌باشد، به همین جهت از شبیه‌سازی جهت ارزیابی مدل استفاده شده است. چهارچوب پیشنهادی این تحقیق می‌تواند از جهات مختلفی توسعه یابد. مدل این مقاله می‌تواند در فرآیندهای حراج با یک شاخصه، یا با چند آیتم از یک کالا/خدمات مشخص نیز استفاده و مورد بررسی قرار گیرد. همچنین می‌توان از

روش‌های مختلف برازش منحنی نظیر رگرسیون ساده و رگرسیون بردار پشتیبان جهت برازش تابع امتیازدهی و ارزیابی عملکرد آن‌ها استفاده نمود. ارائه‌ی شیوه‌های دیگر امتیازدهی توسط خریدار با استفاده از تئوری تصمیم‌گیری چند شاخصه در مدل‌سازی مسئله‌ی فروشنده نیز می‌تواند در تحقیقات آتی مدنظر قرار گیرد.

کتاب‌نامه

Beil, D. R., & Wein, L. M. (2003). An inverse-optimization-based auction mechanism to support a multiattribute RFQ process. Management science, 49(11), 1529-1545.

Che, Y.-K. (1993). Design competition through multidimensional auctions. The RAND Journal of Economics, 668-680.

Chen-Ritzo, C.-H., Harrison, T. P., Kwasnica, A. M., & Thomas, D. J. (2005). Better, faster, cheaper: An experimental analysis of a multiattribute reverse auction mechanism with restricted information feedback. Management science, 51(12), 1753-1762.

Cheng, C.-B. (2011). Reverse auction with buyer–supplier negotiation using bi-level distributed programming. European Journal of Operational Research, 211(3), 601-611.

Dráb, R., Štofa, T., & Delina, R. (2020). Analysis of the efficiency of electronic reverse auction settings: big data evidence. Electronic Commerce Research, 1-24.

Greenwald, A., Kannan, K., & Krishnan, R. (2010). On evaluating information revelation policies in procurement auctions: A Markov decision process approach. Information Systems Research, 21(1), 15-36.

Gupta, A., Parente, S. T., & Sanyal, P. (2012). Competitive bidding for health insurance contracts: lessons from the online HMO auctions. International journal of health care finance and economics, 12(4), 303-322.

Hu, Y., Wang, Y., Li, Y., & Tong, X. (2018). An incentive mechanism in mobile crowdsourcing based on multi-attribute reverse auctions. Sensors, 18(10), 3453.

Huang, M., Qian, X., Fang, S.-C., & Wang, X. (2016). Winner determination for risk aversion buyers in multi-attribute reverse auction. Omega, 59, 184-200.

Jap, S. D. (2007). The impact of online reverse auction design on buyer–supplier relationships. Journal of Marketing, 71(1), 146-159.

Kahneman, D., & Tversky, A. (2013). Prospect theory: An analysis of decision under risk Handbook of the fundamentals of financial decision making: Part I (pp. 99-127): World Scientific.

Karakaya, G., & Köksalan, M. (2011). An interactive approach for multi-attribute auctions. Decision Support Systems, 51(2), 299-306.

Karakaya, G., & Köksalan, M. (2016). An interactive approach for Bi-attribute multi-item auctions. Annals of Operations Research, 245(1-2), 97-119.

Liu, X., Zhang, Z., Qi, W., & Wang, D. (2020). An Evolutionary Game Study of the Behavioral Management of Bid Evaluations in Reserve Auctions. IEEE Access, 8, 95390-95402.

Mansouri, B., & Hassini, E. (2015). A Lagrangian approach to the winner determination problem in iterative combinatorial reverse auctions. European Journal of Operational Research, 244(2), 565-575.

Mouhoub, M., & Ghavamifar, F. (2016). Managing Constraints and Preferences for Winner Determination in Multi-attribute Reverse Auctions. Paper presented at the Machine Learning and Applications (ICMLA), 2016 15th IEEE International Conference on.

Narasimhan, R., Talluri, S., & Mahapatra, S. (2008). Effective response to RFQs and supplier development: A supplier's perspective. International Journal of Production Economics, 115(2), 461-470.

Parkes, D. C., & Kalagnanam, J. (2005). Models for iterative multiattribute procurement auctions. Management science, 51(3), 435-451.

Peng, L., & Calvi, R. (2012). Why don't buyers like electronic reverse auctions? Some insights from a French study. International Journal of Procurement Management, 5(3), 352-367.

Perrone, G., Roma, P., & Nigro, G. L. (2010). Designing multi-attribute auctions for engineering services procurement in new product development in the automotive context. International Journal of Production Economics, 124(1), 20-31.

Pham, L., Teich, J., Wallenius, H., & Wallenius, J. (2015). Multi-attribute online reverse auctions: Recent research trends. European Journal of Operational Research, 242(1), 1-9.

Qian, X., Fang, S.-C., Huang, M., & Wang, X. (2019). Winner determination of loss-averse buyers with incomplete information in multiattribute reverse auctions for clean energy device procurement. Energy, 177, 276-292.

Ray, A. K., Jenamani, M., & Mohapatra, P. K. (2011). An efficient reverse auction mechanism for limited supplier base. Electronic Commerce Research and Applications, 10(2), 170-182.

Saroop, A., Sehgal, S. K., & Ravikumar, K. (2007). A multi-attribute auction format for procurement with limited disclosure of buyer's preference structure Decision Support for Global Enterprises (pp. 257-267): Springer.

Tassabehji, R., Taylor, W., Beach, R., & Wood, A. (2006). Reverse e-auctions and supplier-buyer relationships: an exploratory study. International Journal of Operations & Production Management, 26(2), 166-184.

Teich, J. E., Wallenius, H., Wallenius, J., & Koppius, O. R. (2004). Emerging multiple issue e-auctions. European Journal of Operational Research, 159(1), 1-16.

Teich, J. E., Wallenius, H., Wallenius, J., & Zaitsev, A. (2006). A multi-attribute e-auction mechanism for procurement: Theoretical foundations. European Journal of Operational Research, 175(1), 90-100.

Wang, S., Qu, S., Goh, M., Wahab, M., & Zhou, H. (2019). Integrated Multi-stage Decision-Making for Winner Determination Problem in Online Multi-attribute Reverse Auctions Under Uncertainty. International Journal of Fuzzy Systems, 21(8), 2354-2372.

Xu, S. X., & Huang, G. Q. (2017). Efficient Multi-Attribute Multi-Unit Auctions for B2B E-Commerce Logistics. Production and Operations Management, 26(2), 292-304.

Yang, N., Liao, X., & Huang, W. W. (2014). Decision support for preference elicitation in multi-attribute electronic procurement auctions through an agent-based intermediary. Decision Support Systems, 57, 127-138.

Zhang, L., & Suganthan, P. N. J. I. S. (2016). A survey of randomized algorithms for training neural networks. 364, 146-155.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی