فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال چهاردهم، شماره ۴۳، زمستان ۹۵
صفحات ۱–۲۵

قیمت گذاری محصول در یک زنجیره تامین دوسطحی با استفاده از مفهوم تئوری بازی‌ها در محیط فازی شهودی

آمنه خدیور*، عادل آذر**، فاطمه مجیبیان***

تاریخ دریافت:۹۴/۶/۲
تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۰

چکیده

در بکارگیری تئوری مجموعه‌های فازی در نظریه بازی‌ها، تعیین استراتژی‌های بازیکنان بر اساس متغیرهای فازی با یک تابع عضویت قطعی صورت می‌گیرد که در آن درجه عدم عضویت تنها به صورت مکمل درجه عضویت بیان می‌شود. در حالیکه تعیین مقادیر پارامترهای نادقیق تصمیمات، ممکن است با درجه ای از تردید همراه باشد. از این رو در مقاله حاضر از متغیرهای فازی شهودی به منظور توصیف بهتر اطلاعات مبهم و نادقیق و مواجه با عدم قطعیت و ابهام موجود در فرآیند قیمت گذاری محصول استفاده گردیده است. به منظور ارائه مدل پیشنهادی، یک زنجیره تامین دو سطحی متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده فروش در نظر گرفته شده است. در طراحی بازی قیمت گذاری پیشنهادی از ساختار برنامه ریزی دو سطحی در قالب بازی استکلبرگ بهره گرفته شده است. در پایان، با استفاده از یک مثال عددی صحت ساختاری و اثربخشی مدل پیشنهادی پژوهش در فرآیند قیمت گذاری محصول نشان داده شده است.

واژگان کلیدی: زنجیره تامین، نظریه بازی‌ها، متغیرهای فازی شهودی، بازی استکلبرگ

* استادیار گروه مدیریت دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد دانشگاه الزهرا، تهران (نویسنده مسئول)
E-mail: A_khadivar@yahoo.com

** استاد گروه مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

*** دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

مقدمه

تاکنون نظریه بازی‌ها به طور وسیعی در انواع مدل‌های زنجیره تامین به منظور اخذ تصمیمات گوناگونی از جمله قیمت گذاری محصول استفاده گردیده است (Huang et al. (2011); SeyedEsfahani et al. (2011); Aust and Buscher (2012); Giri and Sharma (2014); Cai et al. (2009); Zamarripa et al. (2013); Leng and Parlar (2012)). حال آنکه به منظور افزایش اثربخشی فرآیند قیمت گذاری نباید از عدم قطعیت موجود در محیط‌های تصمیم گیری غفلت نمود. به عنوان مثال، تخمین دقیق مقدار هزینه تولید (به دلیل نوسان هزینه‌های خرید) یا تقاضای مشتریان (با توجه به نوآوری محصولات و وضعیت متلاطم بازار) کار بسیاری دشواری می‌باشد. در این شرایط استفاده از توزیع احتمال ممکن است در عمل کاربردی نبوده و یا استفاده از آن با داده‌های محدود به سختی امکان پذیر باشد. در اینجا تئوری فازی یک روش معقول برای مواجه با این شرایط به شمار می‌رود (Zhao & Wang, 2015). در یک دهه اخیر، استفاده از متدولوژی نظریه بازی‌ها در محیط عدم قطعیت فازی با تمرکز بر بحث قیمت گذاری توسعه شایانی یافته است. ژو و همکارانش[۱] (۲۰۰۸) در پژوهش خود مسئله قیمت گذاری برای یک محصول را با تعریف تقاضای فازی برای مشتریان در یک زنجیره تامین دوسطحی مورد بررسی قرار داده اند و از دو نوع بازی همکارانه[۲] و بازی استکلبرگ[۳] تولید کننده برای تعیین استراتژی بهینه قیمت گذاری استفاده نمودند (Zhou et al. 2008). وی و ژائو[۴] در سال ۲۰۱۱ به معرفی یک مدل قیمت گذاری بهینه در یک زنجیره تامین حلقه بسته[۵] پرداخته اند. در مدل پیشنهادی آنها تقاضای مشتریان، هزینه‌های تولید مجدد و هزینه‌های جمع آوری محصولات از مشتریان را به صورت فازی تعریف شده است(Wei & Zhao ,2011) . ژائو و همکاران در سال ۲۰۱۳ مسئله

1- Zhou et al
2- Cooperative game
3- Stackelberg game
4- Wei and Zhao
5- Closed-loop supply chain

قیمت‌گذاری و خدمات تولیدی را در یک زنجیره تامین دو سطحی متشکل از دو تولید کننده و یک خرده فروش مشترک مورد بررسی قرار دادند و پارامترهایی چون تقاضای مشتریان، هزینه‌های تولید و ضرایب هزینه خدمات تولید کنندگان را به صورت فازی تعریف نمودند (Zhao et al. 2013). ژائو و وانگ[1] (۲۰۱۵) مدلی با همان مفروضات مدل ارائه شده توسط ژائو و همکارنش (۲۰۱۳) معرفی کردند تنها با این تفاوت که در زنجیره تامین دوسطحی مورد بررسی آنها یک تولید کننده و دو خرده فروش در نظر گرفته شده است و از سه نوع بازی استکلبرگ تولید کننده، استکلبرگ خرده فروش و تعادل نش عمودی برای تعیین استراتژی‌های بهینه قیمت گذاری و خدمات استفاده گردیده است (Zhao & Wang ,2015) .

در تمامی این مطالعات انجام شده برای اعمال عدم قطعیت فازی در مسئله قیمت گذاری، هزینه تولید، تقاضای پایه و ضریب کششی به صورت متغیرهای فازی غیرمنفی تعریف شده و این عدم قطعیت در تابع تقاضا و تابع سود لحاظ گردیده است. اما تاکنون مطالعه ای بر روی بکارگیری مجموعه‌های فازی شهودی[2] در بازی‌های قیمت گذاری محصول صورت نگرفته است. نوآوری پژوهش حاضر استفاده از این مجموعه‌ها به منظور متمایز ساختن شرایط تصمیم گیری بر اساس پارامترهایی است که در مورد آنها ممکن است دانش و آگاهی قطعی برای تصمیم‌گیری وجود نداشته باشد. لذا در این مقاله به طور نمونه مدلی بر اساس بازی استکلبرگ قیمت گذاری در یک زنجیره تامین دو سطحی ارائه گردیده تا نحوه مدلسازی بازی قیمت گذاری تحت شرایط این نوع عدم قطعیت نشان داده شود.

در ادامه در بخش دوم به معرفی مجموعه‌های فازی شهودی پرداخته و تعاریف و خواص ریاضی مخصوص به آنها ارائه می‌گردد. در بخش سوم مفروضات مدل پیشنهادی به همراه پارامترها و متغیرهای مدل معرفی می‌شود. در بخش چهارم این مقاله مدل پیشنهادی ارائه می‌گردد و در بخش پنجم نیز یک مثال کاربردی به منظور نشان دادن نحوه حل مدل پیشنهادی ارائه می‌شود. در بخش ششم نتایج حاصل از حل مدل فازی شهودی پیشنهادی با

1- Zhao and Wang

2- Intuitionistic Fuzzy Sets

نتایج حاصل از روش فازی مورد مقایسه و بحث قرار گرفته در نهایت در بخش پایانی مقاله نیز نتیجه گیری مقاله به همراه پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی بیان می‌شود.

مبانی نظریه فازی شهودی

مجموعه‌های فازی شهودی (IFSs)

در تئوری مجموعه‌های فازی ارائه شده توسط زاده[1] (۱۹۶۵)، درجه عضویت اعداد فازی $\mu(x)$ در بازه $[0,1]$ تعریف شده و درجه عدم عضویت تنها به صورت مکمل درجه عضویت از یک $1-\mu(x)$ بیان می‌گردد. این در حالی است که زمانی که تصمیم گیرنده دیدگاه خود را در قالب یک عنصری از مجموعه فازی بیان می‌کند درجه عدم عضویت را به عنوان مکمل درجه عضویت از یک در نظر نمی‌گیرد و در واقع ممکن است درجه تردیدی[2] وجود داشته باشد. از این رو به منظور گسترش مجموعه‌های فازی، مجموعه‌های فازی شهودی معرفی گردیدند که به وسیله دو مفهوم درجه عضویت[3] و درجه عدم عضویت[4] نشان داده می‌شوند. این مجموعه‌ها ابزاری مناسب برای توصیف اطلاعات مبهم و نادقیق تصمیم و مواجه با عدم قطعیت و ابهام موجود در فرآیند تصمیم گیری می‌باشند (Wu & Zhang, 2010). مجموعه‌های فازی شهودی اولین بار توسط آتاناسسو[5] در سال ۱۹۸۶ ارائه گردیده‌اند. این مجموعه‌ها با سه تابع که درجه عضویت، درجه عدم عضویت و درجه عدم قطعیت را نشان می‌دهند، توصیف می‌گردند. به طوریکه یک مجموعه فازی شهودی A از مجموعه مرجع X به صورت زیر نشان داده می‌شود (Liu & Wang, 2007):

$$A = \{(x, \mu_A(x), \upsilon_A(x)) | x \in X\} \qquad (۱)$$

1- Zadeh
2- Hesitation degree
3- Degree of membership
4- Degree of non-membership
5- Atanassov

توابع $\mu_A: X \to [0,1]$ و $\upsilon_A: X \to [0,1]$ به ترتیب درجه عضویت و درجه عدم عضویت عنصر $x \in X$ نامیده می‌شوند و همواره شرایط زیر برقرار می‌باشد:

$$0 \le \mu_A(x) + \upsilon_A(x) \le 1 \quad (۲)$$

برای هر عنصر x ، درجه عدم قطعیت یک مجموعه فازی شهودی A به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\pi_A = 1 - \mu_A(x) - \upsilon_A(x) \quad (۳)$$

اگر مقدار π_A کوچک باشد، دانش راجع به متغیر x قطعی تر است. اگر π_A بزرگ باشد، دانش درباره x مبهم تر است. بدیهی است برای تمامی عناصر مجموعه مرجع، زمانی که رابطه $\mu_A(x) = 1 - \upsilon_A(x)$ برقرار باشد همان عدد فازی معمولی حاصل می‌گردد (Boran et al. 2009).

مفاهیم و تعاریف

تعریف ۱: اگر A یک عدد فازی شهودی ذوزنقه ای با پارامترهای:
$b_1 \le a_1 \le b_2 \le a_2 \le a_3 \le b_3 \le a_4 \le b_4$ باشد و به صورت
$A = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4), (b_1, b_2, b_3, b_4) \rangle$ بر روی مجموعه اعداد حقیقی □ نشان داده شود، توابع درجه عضویت و عدم عضویت آن به صورت زیر می‌باشد: (Nehi & Maleki, 2005)

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \le x \le a_2 \\ 1 & a_2 < x \le a_3 \\ \frac{x-a_4}{a_3-a_4} & a_3 < x \le a_4 \\ 0 & x > a_4 \end{cases} \quad (۴)$$

و

$$v_A(x) = \begin{cases} 1 & x < b_1 \\ \frac{x-b_1}{b_1-b_2} & b_1 \le x \le b_2 \\ 0 & b_2 < x \le b_3 \\ \frac{x-b_3}{b_4-b_3} & b_3 < x \le b_4 \\ 1 & x > b_4 \end{cases} \tag{۵}$$

بر طبق نظریه امکان[1]، فضای امکان[2] به صورت یک فضای بخشی $(\Theta, \rho(\Theta), Pos)$ تعریف می‌شود که در آن Θ بیانگر مجموعه غیرتهی، $\rho(\Theta)$ توان مجموعه و Pos اندازه ی امکان[3] است. هر عنصری از $\rho(\Theta)$ یک پیشامد نامیده می‌شود که برای هر پیشامد ξ، مقدار $Pos\{\xi\}$ نشانگر امکان وقوع پیشامد ξ می‌باشد. به گونه ای که:

اصل۱: $Pos\{\Theta\} = 1$

اصل۲: $Pos\{\emptyset\} = 1$، ($\emptyset$ مجموعه تهی است)

اصل۳: برای هر ξ_i موجود در $\rho(\Theta)$ داریم $Pos\left\{\bigcup_{i=1}^{m} \xi_i\right\} = sup_{1\le i\le m} Pos\{\xi_i\}$ (Nahmais, 1978)

تعریف ۲: یک متغیر فازی شهودیَ می‌تواند به عنوان تابعی از فضای امکان $(\Theta, \rho(\Theta), Pos)$ در مجموعه ای از اعداد حقیقی تعریف می گردد.

تعریف ۳: متغیر فازی شهودی (A) غیرمنفی است اگر $Pos\{A < 0\} = 0$

تعریف ۴: اگر تابع f به صورت $f: \mathcal{R}^n \to \mathcal{R}$ مفروض باشد و متغیرهای فازی A_i در فضای امکان $(\Theta_i, \rho(\Theta_i), Pos_i)$ تعریف شده باشند، $\mathrm{A} = f(A_1, A_2, \dots, A_n)$ یک متغیر

1- Possibility Theory

2- Possibility Space

3- Possibility Measure

فازی تعریف شده در فضای امکان $(\prod_{i=1}^{n}\Theta_i, \rho(\prod_{i=1}^{n}\Theta_i), \wedge_{i=1}^{n} Pos_i)$ می‌باشد.(Liu, 2002)

تعریف ۵: برای هر پیشامد ξ، $Cr\{\xi\}$ یک اندازه اعتبار[1] در فضای اعتبار $(\Theta, \rho(\Theta), Cr)$ است اگر و فقط اگر:

۱) $Cr\{\Theta\} = 1$ و $Cr\{\emptyset\} = 1$.

۲) اگر $A \subset B$ باشد آنگاه $Cr\{A\} \leq Cr\{B\}$ است.

۳) برای هر $\xi \in \rho(\Theta)$، رابطه $Cr\{\xi\} + Cr\{\xi^c\} = 1$ برقرار است. (ξ^c متمم پیشامد ξ است) (Liu & Liu, 2002)

تعریف ۶: نظریه امکان از دو مفهوم امکان و ضرورت[2] یک پیشامد استفاده می‌کند، به طوریکه میزان ضرورت برای هر پیشامد ξ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Nec\{\xi\} = 1 - Pos\{\xi^c\} \tag{۶}$$

(Liu & Liu, 2002)

تعریف ۷: اندازه اعتبار پیشامد ξ بر پایه اندازه امکان و ضرورت به صورت زیر تعریف می گردد:

$$Cr\{\xi\} = \frac{1}{2}(Pos\{\xi\} + Nec\{\xi\}) \tag{۷}$$

(Liu & Liu, 2002)

تعریف ۸: هر متغیر فازی شهودی $A = \{x, \mu_A(x), v_A(x) | x \in X\}$ را می‌توان به صورت دو متغیر فازی A^+ با درجه عضویت $\mu_A^+(x) = \mu_A(x)$ و A^- با درجه عضویت $\mu_A^-(x) = 1 - v_A(x)$ در فضای اعتبار $(\Theta, \rho(\Theta), Cr)$ تعریف نمود.(Nehi, 2010)

تعریف ۹: برش آلفا[3] از مجموعه فازی شهودی A، قابل تفکیک به برش آلفا از مجموعه A^+ و A^- می‌باشد، به طوریکه داریم:

1- Credibility Measure

2- Necessity

3- α-cut

$$(\mathrm{A}^{+})_{\alpha} = \{x \in \mathcal{R} |\ \mu_A(x) \geq \alpha\} = A_{\alpha} \quad (۸)$$

$$(\mathrm{A}^{-})_{\alpha} = \{x \in \mathcal{R} |\ 1 - v_A(x) \geq \alpha\} = \{x \in \mathcal{R} |\ v_A(x) \leq 1 - \alpha\} = A_{1-\alpha} \quad (۹)$$

(Nehi, 2010)

تعریف ۱۰: برای هر متغیر فازی شهودی معرفی شده در تعریف ۸، برش آلفا از متغیر فازی شهودی به صورت بازه‌های بسته $(\mathrm{A}^{+})_{\alpha} = [\mathrm{A}_L^{+}(\alpha), \mathrm{A}_U^{+}(\alpha)]$ و $(\mathrm{A}^{-})_{\alpha} = [\mathrm{A}_L^{-}(\alpha), \mathrm{A}_U^{-}(\alpha)]$ قابل تعریف است به طوریکه:

$$\mathrm{A}_L^{+}(\alpha) = inf\{x \in \mathcal{R}\, , \mu_{\mathrm{A}}(x) \geq \alpha\, \} \quad (۱۰)$$

$$\mathrm{A}_U^{+}(\alpha) = sup\{x \in \mathcal{R}\, , \mu_{\mathrm{A}}(x) \geq \alpha\, \} \quad (۱۱)$$

$$\mathrm{A}_L^{-}(\alpha) = inf\{x \in \mathcal{R}\, , v_A(x) \leq 1 - \alpha\, \} \quad (۱۲)$$

$$\mathrm{A}_U^{-}(\alpha) = sup\{x \in \mathcal{R}\, , v_A(x) \leq 1 - \alpha\, \} \quad (۱۳)$$

(Nehi, 2010)

تعریف ۱۱: طبق تعریف لیو (۲۰۰۲)، اگر A یک متغیر فازی در فضای امکان $(\Theta, \rho(\Theta), Pos)$ باشد و $\alpha \in [0,1]$ ، آنگاه مقادیر A_a^U و A_a^L به ترتیب مقادیر خوشبینانه[1] و بدبینانه[2] متغیر فازی A تعریف می‌شوند، به طوریکه:

$$A_a^L = inf\{r | Pos(\{A \leq r\}) \geq \alpha\, \} \quad (۱۴)$$

$$A_a^U = \sup\{r | Pos(\{A \geq r\}) \geq \alpha\} \quad (۱۵)$$

بنابراین با توجه به تعاریف ۸ و ۹، برای هر عدد فازی شهودی ذوزنقه ای $\mathrm{A} = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4), (b_1, b_2, b_3, b_4) \rangle$ مقادیر خوشبینانه و بدبینانه از طریق روابط زیر محاسبه می گردد:

$$A_a^U = a_3\alpha + a_4(1 - \alpha) \quad (۱۶)$$

$$A_a^L = a_2\alpha + a_1(1 - \alpha) \quad (۱۷)$$

1- α-optimistic

2- α-pessimistic

$$A^U_{1-a} = b_3(1-\alpha) + b_4\alpha \quad (۱۸)$$

$$A^L_{1-a} = b_2(1-\alpha) + b_1\alpha \quad (۱۹)$$

تعریف ۱۲: طبق اثبات لیو و لیو (۲۰۰۲)، امید ریاضی[۱] متغیر فازی A به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E[\mathrm{A}] = \int_0^{+\infty} Cr\{\mathrm{A} \geq \mathrm{r}\}dr \quad (۲۰)$$

به طوریکه r یک عدد حقیقی درنظر گرفته شده است. (Zhou et al. 2008)

که اگر A دارای امید ریاضی محدود[۲] باشد، طبق تعریف هیلپرن[۳] (۱۹۹۲)، رابطه فاصله انتظاری[۴] به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$EI(A) = [E_*(A), E^*(A)] \quad (۲۱)$$

به طوریکه داریم:

$$E_*(A) = \int_0^1 \mathrm{A}_L(\alpha)d\alpha \quad (۲۲)$$

$$E^*(A) = \int_0^1 \mathrm{A}_U(\alpha)d\alpha \quad (۲۳)$$

که امیدریاضی عدد فازی A ، مرکز فاصله انتظاری تعریف گردیده است:

$$EV[A] = \frac{E_*(A)+E^*(A)}{2} \quad (۲۴)$$

بنابراین به طور خلاصه امید ریاضی عدد فازی A از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$E[\mathrm{A}] = \frac{1}{2}\int_0^1(\mathrm{A}^L_\alpha + \mathrm{A}^U_\alpha)d\alpha \quad (۲۵)$$

(Zhou et al. 2008)

1- Expected value

2- finite

3- Heilpern

4- expected interval

با توجه به تعاریف ارائه شده از خواص متغیرهای فازی شودی، امید ریاضی متغیر فازی شهودی غیرمنفی A صورت زیر قابل تعریف است:

$$E[\mathrm{A}] = \frac{1}{2}\left[\int_0^1 (\mathrm{A}_\alpha^L + \mathrm{A}_\alpha^U)d\alpha + \int_0^1 (\mathrm{A}_{1-\alpha}^L + \mathrm{A}_{1-\alpha}^U)d(1-\alpha)\right] \qquad (۲۶)$$

تعریف ۱۳: ارزش مورد انتظار عدد فازی شهودی ذوزنقه ای $\mathrm{A} = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4), (b_1, b_2, b_3, b_4) \rangle$ به وسیله رابطه زیر بدست می‌آید:

$$EV(A) = \frac{1}{8}(a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + b_1 + b_2 + b_3 + b_4) \qquad (۲۷)$$

(Ye, 2011)

مفروضات مدل

در پژوهش حاضر مدل قیمت گذاری محصول برای یک زنجیره تامین دوسطحی متشکل از یک تولید کننده و یک خرده فروش در نظر گرفته شده است و بازی قیمت گذاری در حالت غیرهمکارانه و بر اساس مدل بازی استکلبرگ ارائه می‌گردد. نمادهای زیر برای فرموله کردن مدل قیمت گذاری زنجیره تامین مورد نظر در محیط فازی شهودی استفاده شده اند:

a : ثابت تقاضا برای محصول

β : ضریب حساسیت تقاضا نسبت به قیمت[1] (کشش قیمت)

p : قیمت خرده فروشی هر واحد محصول

w : قیمت عمده فروشی هر واحد محصول توسط تولید کننده

c : هزینه تولید یک واحد محصول

D_p : تابع تقاضای محصول نسبت به متغیر p

π_M : سود تولید کننده

π_R : سود خرده فروش

1- Price sensitivity

در این مقاله تابع تقاضای محصول در شکل خطی $D_p = a - \beta p$ درنظر گرفته شده است، به طوریکه a و β به صورت متغیرهای فازی شهودی تعریف می‌شوند. با فرض اینکه پارامتر a در فضای امکان $(\Theta_1, \rho(\Theta_1), Pos_1)$ و پارامتر β در فضای امکان $(\Theta_2, \rho(\Theta_2), Pos_2)$ تعریف شوند، بر اساس تعریف ۴ ارائه شده در بخش قبل، تابع تقاضا D_p نیز یک متغیر فازی شهودی است که بر روی فضای امکان $(\Theta_1 \times \Theta_2, \rho(\Theta_1 \times \Theta_2), Pos_1 \wedge Pos_2)$ قابل تعریف است. از آنجایی که در دنیای واقعی تقاضا برای محصول نمی تواند مقداری منفی داشته باشد پس $Pos\{a - \beta p < 0\} = 0$ می‌باشد. اگر هزینه تولید محصول (c) را نیز یک متغیر فازی شهودی مثبت در فضای امکان $(\Theta_3, \rho(\Theta_3), Pos_3)$ تعریف نماییم که مستقل از پارامترهای a و β باشد، آنگاه $(w - c)$ و $(p - c)$ نیز متغیرهای فازی شهودی در فضای امکان $(\Theta_3, \rho(\Theta_3), Pos_3)$ تعریف می‌شوند. در نهایت تابع سود تولید کننده و خرده فروش به ترتیب به صورت توابع $\pi_M(w,p) = (w - c)D_p$ و $\pi_R(w,p) = (p - w)D_p$ نشان داده می‌شوند که به صورت متغیرهایی فازی شهودی در فضاهای امکان $(\Theta_1 \times \Theta_2 \times \Theta_3, \rho(\Theta_1 \times \Theta_2 \times \Theta_3), Pos_1 \wedge Pos_2 \wedge Pos_3)$ و $(\Theta_1 \times \Theta_2, \rho(\Theta_1 \times \Theta_2), Pos_1 \wedge Pos_2)$ قابل تعریف هستند.

مدل دوسطحی قیمت گذاری در محیط فازی شهودی

استفاده از مجموعه‌های فازی شهودی در مقابله با عدم قطعیت و ابهام موجود در مسائل تصمیم گیری ازجمله فرآیند قیمت گذاری محصول کاربردهای فراوانی دارد. در مورد مسائل قیمت گذاری به دلیل تغییرات نرخ تورم و یا نوسانات نرخ ارز و مسائلی مشابه آن، در نظر گرفتن عدم قطعیت و ابهام موجود در محیط تصمیم گیری از الزامات فرآیند تعیین قیمت به شمار می‌رود. لذا در این پژوهش با بکارگیری منطق فازی شهودی، فرآیند قیمت گذاری

محصول تحت شرایط عدم قطعیت و با در نظر گرفتن ابهام موجود در پارامترهای مسئله تعریف گردیده است.

در این مطالعه به منظور ارائه بازی استکلبرگ پیشنهادی از مدل برنامه ریزی دوسطحی استفاده می‌گردد. در مسائل برنامه ریزی دوسطحی، دو سطح تصمیم گیری وجود دارد که هر سطح تابع هدف مخصوص به خود را دارد. در مسئله مورد بررسی این پژوهش، سطح پیشرو مربوط به تصمیمات رهبر استکبرگ یا همان تولید کننده و سطح پیرو مربوط به تصمیمات خرده فروش می‌باشد. مدل دوسطحی بازی استکلبرگ پیشنهادی به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\begin{cases} \max E[\pi_M(w,p^*(w)] = E[(w-c)(a-\beta p^*(w))] \\ s.t. \\ Pos\{w-c<0\}=0 \\ p^* \text{ solves the problem} \\ \quad \begin{cases} max\ E[\pi_R(p)] = E[(p-w)(a-\beta p)] \\ s.t. \\ Pos\{a-\beta p<0\}=0 \\ p \geq w \end{cases} \end{cases} \qquad (۲۸)$$

در این مدل $E[\pi_M(w,p^*(w))]$ بیانگر امیدریاضی سود تولید کننده و $E[\pi_R(p)]$ بیانگر امیدریاضی سود خرده فروش بر اساس پارامترهای فازی شهودی a ، β و c می‌باشند. اگر تعادل زیر بازی کامل برای سطح پیرو صورت گیرد با استفاده از روش استنتاج معکوس قیمت بهینه خرده فروشی p^* بر اساس متغیر w به صورت زیر بدست می‌آید.

$$p^*(w) = \frac{1}{2}w + \frac{E[a]}{2E[\beta]} \qquad (۲۹)$$

$p^*(w)$ بهترین پاسخ خرده فروش به ازای هر قیمت عمده فروشی (w) است که تولیدکننده به عنوان رهبر استکلبرگ معین می‌کند. امیدریاضی سود تولیدکننده بر اساس تعریف ۸ به صورت زیر بدست می‌آید.

$$
\begin{aligned}
&\mathrm{E}[\pi_M(w,p^*(w))] \\
&\quad= \frac{1}{2}\int_0^1 ((w-c)(a-\beta p^*(w)))_\alpha^L \\
&\quad+ ((w-c)(a-\beta p^*(w)))_\alpha^U d\alpha \\
&\quad+ \frac{1}{2}\int_0^1 ((w-c)(a-\beta p^*(w)))_{1-\alpha}^L \\
&\quad+ ((w-c)(a-\beta p^*(w)))_{1-\alpha}^U \, d(1-\alpha) \\
&\quad= \frac{1}{2}\int_0^1 (w-c)_\alpha^L \big(a-\beta p^*(w)\big)_\alpha^L \\
&\quad+ (w-c)_\alpha^U \big(a-\beta p^*(w)\big)_\alpha^U \, d\alpha \\
&\quad+ \frac{1}{2}\int_0^1 (w-c)_{1-\alpha}^L \big(a-\beta p^*(w)\big)_{1-\alpha}^L \\
&\quad+ (w-c)_\alpha^U \big(a-\beta p^*(w)\big)_{1-\alpha}^U d(1-\alpha) \\
&\quad= \frac{1}{2}\int_0^1 (w-c_\alpha^U)(a_\alpha^L-\beta_\alpha^U p^*(w)) + (w-c_\alpha^L)(a_\alpha^U \\
&\quad- \beta_\alpha^L p^*(w))d\alpha \\
&\quad+ \frac{1}{2}\int_0^1 (w-c_{1-\alpha}^U)(a_{1-\alpha}^L-\beta_{1-\alpha}^U p^*(w)) + (w \\
&\quad- c_{1-\alpha}^L)(a_{1-\alpha}^U-\beta_{1-\alpha}^L p^*(w))d(1-\alpha)
\end{aligned}
\tag{۳۰}
$$

با جای‌گذاری رابطه $p^*(w)$ بدست آمده، در رابطه (۳۰) داریم:

$$\begin{aligned}\mathrm{E}[\pi_M(w,p^*(w))] &= \frac{1}{2}\int_0^1 (w-c_\alpha^U)(a_\alpha^L-\beta_\alpha^U(\frac{E[a]+wE[\beta]}{2E[\beta]})) + (w \\ &- c_\alpha^L)(a_\alpha^U-\beta_\alpha^L(\frac{E[a]+wE[\beta]}{2E[\beta]})) + (w-c_{1-\alpha}^U)(a_{1-\alpha}^L \\ &- \beta_{1-\alpha}^U(\frac{E[a]+wE[\beta]}{2E[\beta]})) + (w-c_{1-\alpha}^L)(a_{1-\alpha}^U \\ &- \beta_{1-\alpha}^L(\frac{E[a]+wE[\beta]}{2E[\beta]})) \\ &= -\frac{1}{2}E[\beta]w^2+\frac{1}{2}(E[a]+E[\beta c])w+\frac{E[a]E[\beta c]}{2E[\beta]} \\ &- \frac{1}{2}\int_0^1 (c_\alpha^U a_\alpha^L + c_\alpha^L a_\alpha^U)d\alpha - \frac{1}{2}\int_0^1 (c_{1-\alpha}^U\, a_{1-\alpha}^L \\ &+ c_{1-\alpha}^L a_{1-\alpha}^U)\, d(1-\alpha)\end{aligned} \qquad (۳۱)$$

که با مشتق گیری از تابع سود تولید کننده قیمت بهینه عمده فروشی به صورت زیر حاصل می گردد:

$$w^* = \frac{E[a]+E[\beta c]}{2E[\beta]} \qquad (۳۲)$$

در حالتی که خرده فروش نقش پیشرو و تولیدکننده نقش پیرو را بازی کند مدل دو سطحی بازی استکلبرگ به صورت رابطه زیر تعریف می گردد.

$$\max E[\pi_R(p)] = E[(p-w)(a-\beta p)] \qquad (۳۳)$$

$$\begin{cases} s.t. \\ Pos\{p-w<0\}=0 \\ w^* \text{ solves the problem} \end{cases}$$

$$\begin{cases} max\ E[\pi_M(w)] = E[(w-c)(a-\beta w)] \\ s.t. \\ Pos\{a-\beta w<0\}=0 \\ w \geq c \end{cases}$$

که در اینجا با حل مدل سطح پیرو از آنجایی که تنها مجهول رابطه متغیر w است، مقدار بهینه ی قیمت عمده فروشی به صورت رابطه (۳۲) حاصل می گردد. سپس با قرار دادن مقدار w^* بدست آمده در معادله سود سطح پیشرو و مشتق گیری از رابطه، مقدار بهینه قیمت خرده فروشی مطابق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$p^* = \frac{3E[a]+E[\beta c]}{4E[\beta]} \quad (۳۴)$$

با توجه به مفاهیم بیان شده در بخش دوم مقاله، علاوه بر مقادیر دقیق قیمت‌های عمده فروشی و خرده فروشی و سود سطوح زنجیره، می‌توان مقادیر خوشبینانه و بدبینانه این متغیرها را نیز محاسبه نمود. جدول۱ خلاصه ای از روابط ذکر شده برای متغیرها را برای هر سه حالت بیان شده نشان می‌دهد.

جدول۱. خلاصه روابط متغیرهای مدل استکلبرگ زنجیره دو سطحی در محیط فازی شهودی

قیمت عمده فروشی (w^*)	قیمت خرده فروشی (p^*)	
$\frac{E[a]+E[\beta c]}{2E[\beta]}$	$\frac{3E[a]+E[\beta c]}{4E[\beta]}$	امیدریاضی
$\frac{(a_\alpha^U+a_{1-\alpha}^U)+(\beta_\alpha^L+\beta_{1-\alpha}^L)(c_\alpha^L+c_{1-\alpha}^L)}{2(\beta_\alpha^L+\beta_{1-\alpha}^L)}$	$\frac{3(a_\alpha^U+a_{1-\alpha}^U)+(\beta_\alpha^L+\beta_{1-\alpha}^L)(c_\alpha^L+c_{1-\alpha}^L)}{4(\beta_\alpha^L+\beta_{1-\alpha}^L)}$	خوشبینانه
$\frac{(a_\alpha^L+a_{1-\alpha}^L)+(\beta_\alpha^U+\beta_{1-\alpha}^U)(c_\alpha^U+c_{1-\alpha}^U)}{2(\beta_\alpha^U+\beta_{1-\alpha}^U)}$	$\frac{3(a_\alpha^L+a_{1-\alpha}^L)+(\beta_\alpha^U+\beta_{1-\alpha}^U)(c_\alpha^U+c_{1-\alpha}^U)}{4(\beta_\alpha^U+\beta_{1-\alpha}^U)}$	بدبینانه
حداکثر سود تولیدکننده (π_M^*)	حداکثر سود خرده فروش (π_R^*)	
$\frac{(E[a])^2+(E[\beta c])^2+6E[a]E[\beta c]}{8E[\beta]} - \frac{1}{2}\int_0^1 (c_\alpha^U a_\alpha^L + c_\alpha^L a_\alpha^U) d\alpha - \frac{1}{2}\int_0^1 (c_{1-\alpha}^U\, a_{1-\alpha}^L + c_{1-\alpha}^L a_{1-\alpha}^U)\, d(1-\alpha)$	$\frac{(E[a]-E[\beta c])^2}{16E[\beta]}$	امیدریاضی
$\frac{((a_\alpha^U+a_{1-\alpha}^U)-(\beta_\alpha^L+\beta_{1-\alpha}^L)(c_\alpha^L+c_{1-\alpha}^L))^2}{8(\beta_\alpha^L+\beta_{1-\alpha}^L)}$	$\frac{((a_\alpha^U+a_{1-\alpha}^U)-(\beta_\alpha^L+\beta_{1-\alpha}^L)(c_\alpha^L+c_{1-\alpha}^L))^2}{16(\beta_\alpha^L+\beta_{1-\alpha}^L)}$	خوشبینانه

بدبینانه	$\frac{((a_\alpha^L + a_{1-\alpha}^L) - (\beta_\alpha^U + \beta_{1-\alpha}^U)(c_\alpha^U + c_{1-\alpha}^U))^2}{16(\beta_\alpha^U + \beta_{1-\alpha}^U)}$	$\frac{((a_\alpha^L + a_{1-\alpha}^L) - (\beta_\alpha^U + \beta_{1-\alpha}^U)(c_\alpha^U + c_{1-\alpha}^U))^2}{8(\beta_\alpha^U + \beta_{1-\alpha}^U)}$

مثال عددی

یک زنجیره تامین دو سطحی مفروض است که در آن هزینه تولید هر واحد کالا بالا (تقریبا ۶)، تقاضای پایه برای محصول زیاد (تقریبا ۲۰۰) و تقاضا نسبت به قیمت حساس است (تقریبا ۱۰).

در این صورت با توجه به اطلاعات جدول۲ مقادیر:

$$c = \langle(0.5,0.6,0.7,0.8), (0.4,0.6,0.7,0.9)\rangle$$
$$a = \langle(195\ ,200,201,203), (193, 201, 203,209)\rangle$$
$$\beta = \langle(7\ ,10,12,14), (6, 10, 13, 15)\rangle$$

متغیرهای فازی شهودی مسئله تعریف می‌شوند. با توجه به تعریف ۱۳ ارائه شده در بخش قبل، امید ریاضی پارامترهای مسئله به صورت زیر محاسبه می گردد.

$$E[\alpha] = \frac{1}{8}(195 + 200 + 201 + 203 + 193 + 201 + 203 + 209) = 200.62 \quad (۳۵)$$

$$E[\beta] = \frac{1}{8}(7 + 10 + 12 + 14 + 6 + 10 + 13 + 15) = 10.87 \quad (۳۶)$$

$$E[c] = \frac{1}{8}(0.5 + 0.6 + 0.7 + 0.8 + 0.4 + 0.6 + 0.7 + 0.9) = 0.65 \quad (۳۷)$$

جدول۲. رابطه ی بین عبارت‌های کلامی و متغیر فازی شهودی مثلثی

	عبارت‌های کلامی	متغیر فازی شهودی مثلثی
هزینه ی تولید	پایین (تقریبا ۰,۲)	$\langle(0.1,0.2,0.3,0.4), (0.0,0.2,0.3,0.5)\rangle$
	متوسط (تقریبا ۰,۴)	$\langle(0.3,0.4,0.5,0.6), (0.2,0.4,0.5,0.7)\rangle$
	بالا (تقریبا ۰,۶)	$\langle(0.5,0.6,0.7,0.8), (0.4,0.6,0.7,0.9)\rangle$
ثابت تقاضا	زیاد (تقریبا ۲۰۰)	$\langle(195\ ,200,201,203), (193, 201, 203,209)\rangle$
	کم (تقریبا ۱۰۰)	$\langle(95\ ,100, 101,103), (93, 101, 103, 109)\rangle$
کشش قیمت	خیلی حساس (تقریبا ۲۰)	$\langle(17\ ,20,22,24), (16, 19, 23, 25)\rangle$

$\langle(7,10,12,14),(6,10,13,15)\rangle$	حساس (تقریبا ۱۰)	

بر اساس تعریف ۱۱ ارائه شده در بخش دوم، مقادیر خوشبینانه و بدبینانه پارامترهای مسئله به صورت زیر محاسبه گردیده است.

$$a_{\alpha}^{U}=203-2\alpha \quad , \quad a_{\alpha}^{L}=195+5\alpha \quad , \quad a_{1-\alpha}^{U}=203+6\alpha \quad , \quad a_{1-\alpha}^{L}=201-8\alpha \qquad (۳۸)$$

$$c_{\alpha}^{U}=0.8-0.1\alpha \quad , \quad c_{\alpha}^{L}=0.5+0.1\alpha \quad , \quad c_{1-\alpha}^{U}=0.7+0.2\alpha \quad , \quad c_{1-\alpha}^{L}=0.6-0.2\alpha \qquad (۳۹)$$

$$\beta_{\alpha}^{U}=14-2\alpha\,,\beta_{\alpha}^{L}=7+3\alpha\,,\beta_{1-\alpha}^{U}=13+2\alpha\,,\beta_{1-\alpha}^{L}=10-4\alpha \qquad (۴۰)$$

با فرض اینکه در این مثال عددی مقدار $\alpha=0.8$ باشد، مقادیر مربوط به قیمت عمده فروشی و خرده فروشی در زنجیره و سود تولیدکننده، خرده فروش و کل زنجیره بر اساس استراتژی خوشبینانه و بدبینانه در محیط فازی شهودی بر اساس روابط معرفی شده در جدول ۱ قابل محاسبه می‌باشند. نتایج حاصل از محاسبه این متغیرها در جدول۳ آمده است.

جدول۳. نتایج حاصل از حل مدل پیشنهادی بر اساس استراتژی‌های مختلف قیمت گذاری

سود زنجیره	سود تولیدکننده (π_M^*)	سود خرده فروش (π_R^*)	قیمت عمده فروشی (w^*)	قیمت خرده فروشی (p^*)	
1186.58	867.01	319.57	9.46	13.96	امیدریاضی
1784.65	1189.72	594.88	13.12	19.18	خوشبینانه
855.27	570.18	285.09	8.07	11.32	بدبینانه

بر اساس نتایج حاصل از حل مدل همانطور که مشاهده می‌شود میزان سود تولیدکننده، خرده فروش و در نهایت کل زنجیره در حالت خوشبینانه بیشتر از حالت بدبینانه بدست آمده است که این نشان دهنده ی صحت ساختاری مدل پیشنهادی پژوهش می‌باشد.

به منظور آنالیز حساسیت مدل ارائه شده، تاثیر تغییر پارامترهای حساسیت تقاضا نسبت به قیمت (β) و تقاضای پایه (a) با مقادیری بزرگتر و کوچکتر از مقدار فرض شده در مثال عددی مورد بررسی قرار می‌گیرد. تاثیر این تغییرات بر متغیرهای قیمت عمده فروشی و قیمت خرده فروشی مطابق جدول (۴) و (۵) بدست آمده است.

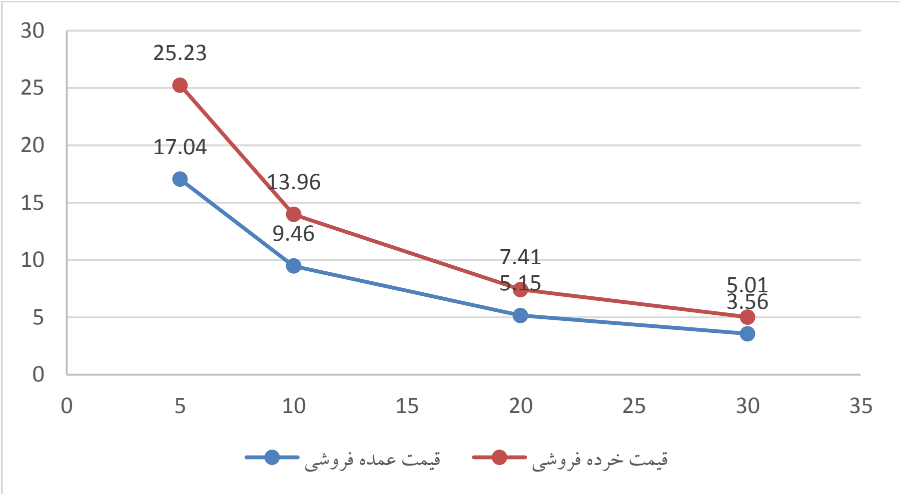
جدول۴. آنالیز حساسیت پارامتر β در مدل

β	تقریبا ۵	تقریبا ۱۰	تقریبا ۲۰	تقریبا ۳۰
قیمت عمده فروشی	17.04	9.46	5.15	3.56
قیمت خرده فروشی	25.23	13.96	7.41	5.01

جدول۵. آنالیز حساسیت پارامتر a در مدل

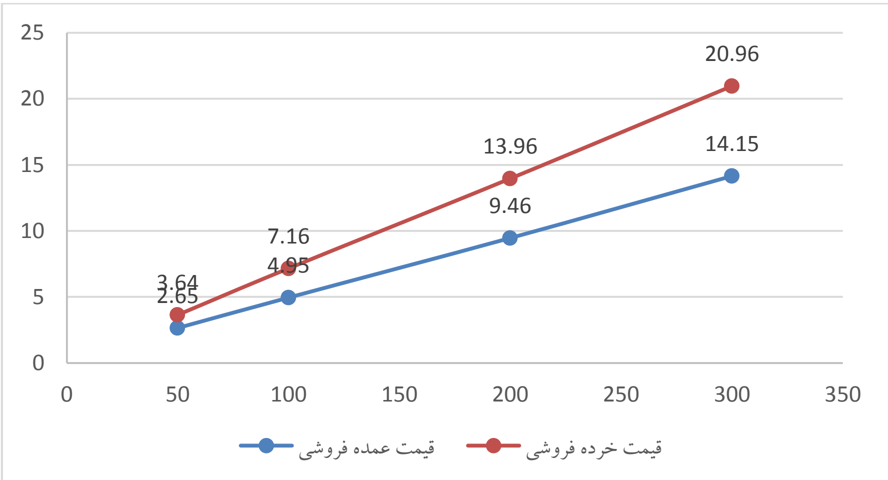
a	تقریبا ۵۰	تقریبا ۱۰۰	تقریبا ۲۰۰	تقریبا ۳۰۰
قیمت عمده فروشی	2.65	4.95	9.46	14.15
قیمت خرده فروشی	3.64	7.16	13.96	20.96

چنانچه انتظار می‌رود با افزایش میزان حساسیت تقاضا نسبت به قیمت، مقادیر بهینه قیمت‌های عمده فروشی و خرده فروشی کاهش می‌یابد. نمودار۱ روند تغییرات پارامتر β بر مقادیر بدست آمده از قیمت‌های خرده فروشی و عمده فروشی را نشان می‌دهد.



نمودار۱. تغییرات قیمت‌ها نسبت به پارامتر □

از طرفی ثابت تقاضا با قیمت رابطه مستقیم داشته و با افزایش میزان تقاضا قیمت‌های عمده فروشی و خرده فروشی نیز افزایش خواهند یافت. نمودار ۲ روند تغییرات قیمت‌ها را با تغییر پارامتر a در مدل نشان می‌دهد.



نمودار۲. تغییرات قیمت‌ها نسبت به پارامتر a

بنابراین همانگونه که نتایج حاصل از آنالیز حساسیت نشان می‌دهد، مدل قیمت گذاری پیشنهادی دارای رفتار منطقی نسبت به تغییر پارامترهای اصلی مدل می‌باشد که این امر صحت ساختاری مدل را تایید می‌نماید.

تحلیل نتایج پژوهش

در این بخش نتایج حاصل از حل مدل فازی شهودی پیشنهادی با حل مدل فازی مسئله مورد مقایسه قرار می‌گیرد. متغیرهای فازی مثال عددی به صورت هزینه تولید هر واحد کالا بالا (0.5,0.6,0.7)، تقاضای پایه برای محصول زیاد (195 ,200,205) و تقاضا نسبت به قیمت حساس (7 ,10,13) تعریف می‌شوند.که با توجه به رابطه (۲۴) امید ریاضی پارامترهای مدل فازی به صورت $E[c] = 0.6$ ، $E[\alpha] = 200$ و $E[\beta] = 10$ بدست می‌آیند.

روابط بین متغیرهای مدل استکلبرگ در محیط فازی در پژوهش‌های انجام شده توسط ژو و همکارانش (۲۰۰۸)، وی و ژائو (۲۰۱۱)، ژائو و همکارانش (۲۰۱۳) و ژائو و وانگ (۲۰۱۵) مورد بررسی قرار گرفته است که با توجه به این روابط، مقادیر خوشبینانه و بدبینانه پارامترهای مسئله به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$a_\alpha^U = 205 - 5\alpha\ ,\ a_\alpha^L = 195 + 5\alpha \tag{۴۱}$$

$$c_\alpha^U = 0.7 - 0.1\alpha\ ,\ c_\alpha^L = 0.5 + 0.1\alpha \tag{۴۲}$$

$$\beta_\alpha^U = 13 - 3\alpha\ ,\ \beta_\alpha^L = 7 + 3\alpha \tag{۴۳}$$

با فرض اینکه مقدار $\alpha = 0.8$ باشد، مقادیر مربوط به متغیرهای مدل برای حالات خوشبینانه و بدبینانه مطابق جدول (۶) بدست می‌آیند که در این جدول نتایج مدل برای دو حالت فازی و فازی شهودی مورد مقایسه قرار گرفته است.

جدول۶. مقایسه نتایج حاصل از حل مدل فازی شهودی پیشنهادی و مدل فازی مسئله

حالت بدبینانه	حالت خوشبینانه	امیدریاضی	
14.23	16.18	15.15	p^* مدل فازی مسئله
19.18	11.32	13.96	p^* مدل فازی شهودی پیشنهادی
9.69	10.98	10.3	w^* مدل فازی مسئله
8.07	13.12	9.46	w^* مدل فازی شهودی پیشنهادی
218.32	254.24	235.22	π_R^* مدل فازی مسئله
285.09	594.88	319.57	π_R^* مدل فازی شهودی پیشنهادی
436.65	508.49	470.47	π_M^* مدل فازی مسئله
570.18	1189.72	867.01	π_M^* مدل فازی شهودی پیشنهادی

همانطور که مشاهده می‌گردد مقدار قیمت عمده فروشی و خرده فروشی بدست آمده در روش فازی بیشتر از مقدار بدست آمده در روش فازی شهودی پیشنهادی می‌باشد و مقادیر خوشبینانه و بدبینانه این دو متغیر نیز در روش فازی از دامنه تغییرات کوچکتری برخوردار هستند. به طبع این امر با بالا بودن قیمت‌ها در مدل میزان سود حاصله برای اعضای زنجیره نیز مطابق اطلاعات جدول (۶) کمتر خواهد بود که این مسئله نشان دهنده بالا بودن دقت و کارایی مدل پیشنهادی این پژوهش می‌باشد. با بکارگیری منطق فازی شهودی در مسئله قیمت‌گذاری محصول نه تنها اطلاعات نادقیق و مبهم مسئله بلکه عدم اطمینان و قطعیت موجود در فضای مدلسازی نیز به خوبی فرموله می‌گردد. بدین ترتیب مدل پیشنهادی ارائه شده در این پژوهش توانسته است قابلیت بکارگیری خواص مجموعه‌های فازی شهودی را در بازی‌های قیمت‌گذاری محصول به خوبی نشان دهد.

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه رویکرد جدیدی برای بکارگیری نظریه بازی‌ها در محیط فازی شهودی ارائه گردید. نظریه فازی شهودی ابزاری مناسب برای توصیف شرایطی است که درجه ای از تردید در فرآیند تصمیم گیری وجود داشته باشد. بدین منظور در این پژوهش از مجموعه‌های فازی

شهودی برای نشان دادن مقادیر پارامترهایی استفاده شده که ممکن است دانش و آگاهی قطعی در مورد آنها وجود نداشته باشد. مدل پیشنهادی مقاله در قالب یک بازی استکلبرگ در یک زنجیره تامین دو سطحی فرموله گردیده و توسط یک مثال عددی و با انجام آنالیز حساسیت بر روی مدل، صحت ساختاری مدل و کاربردی بودن آن تشریح شد. در پایان نتایج حاصل از مدل فازی شهودی پیشنهادی با نتایج مدل فازی همان مسئله مورد مقایسه قرار گرفته و قابلیت مدل در اندازه‌گیری عدم قطعیت و ابهام موجود در محیط تصمیم گیری به خوبی نشان داده شد.

از آنجایی که این پژوهش با هدف طراحی بازی قیمت گذاری محصول در محیط فازی شهودی ارائه گردیده است، پیشنهاداتی برای بکارگیری رویکرد ارائه شده در موقعیت‌ها و حالات مختلف دیگر برای تحقیقات آتی مطرح می‌گردد. رویکرد ارائه شده در این مقاله قابل بکارگیری در انواع مختلفی از زنجیره‌های تامین اعم از یک سطحی یا چندسطحی با تعداد مختلف تصمیم گیرندگان در هر سطح می‌باشد. همچنین این رویکرد علاوه بر مسائل قیمت گذاری برای حل انواع مختلفی از موضوعات تصمیم گیری مانند مسائل مربوط به موجودی، سطح خدمات، کیفیت، زمان تحویل و یا تبلیغات قابل بکارگیری می‌باشد. از طرفی از این رویکرد می‌توان در اشکال دیگری از بازی‌ها از جمله بازی‌های همکارانه و یا ساختارهای دیگری از بازی‌های غیرهمکارانه استفاده نمود.

منابع و مراجع

Atanassov, K,. (1986) "*Intuitionistic fuzzy sets*", Fuzzy Sets and Systems, 20, 87–96.

Aust, G., Buscher, U., (2012), "*Vertical cooperative advertising and pricing decisions in a manufacturer–retailer supply chain: A game-theoretic approach*", European Journal of Operational Research, Vol 223, pp. 473-482.

Boran, F.E, Genç, S, Kurt, M, Akay, D, (2009) "*A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method*" Expert Systems with Applications. 36, 11363-11368.

Cai, G., Zhang, Z.G., Zhang, M., (2009), Game theoretical perspectives on dual-channel supply chain compe tition with price disc ounts and pricing schemes, International journal of Production Economics, Vol. 117, pp. 80–96.

Giri, B.C., Sharma, S., (2014), "*Manufacturer's pricing strategy in a two-level supply chain with competing retailers and advertising cost dependent demand*", Economic Modelling, Vol 38, pp. 102-111.

Heilpern S., (1992) "*The expected value of a fuzzy number,*" Fuzzy Sets and Systems, vol. 47, pp.81-8.

Huang, Y., Huang, G.Q., Newman, S.T., (2011), *"Coordinating pricing and inventory decisions in a multi-level supply chain: A game-theoretic approach"*, Transportation Research Part E, Vol 47, pp. 115–129.

Leng, M., Parlar, M., (2012), "*Transfer pricing in a multidivisional firm: A cooperative game analysis*", Operations Research Letters, 40, pp. 364-369.

Liu, B. (2002).*Theory and practice of uncertain programming*. Heidelberg: Physica-Verlag.

Liu, B., & Liu, Y. (2002). *Excepted value of fuzzy variable and fuzzy expected value models.*IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 10, 445–450.

Liu, H.W., Wang, G.J., (2007) “Multi-criteria decision-making methods based on intuitionistic fuzzy sets”, European Journal of Operational Research, 179, 220–233.

Nahmias, S. (1978). *Fuzzy variables*. Fuzzy Sets and Systems, 1, 97–110.

Nehi, H. M., (2010) “A New Ranking Method for Intuitionistic Fuzzy Numbers, International Journal of Fuzzy Systems, Vol. 12, No. 1.

Nehi, H. M. Maleki, H. R. (2005), “*Optimization problem”, In Proceedings of the 9th WSEAS international conference on systems*, Athens, Greece.

SeyedEsfahani, M.M, Biazaran, M., Gharakhani, M., (2011). A game Theoretic approach to coordinate pricing and vertical co-op advertising in manufacturer–retailer supply chains, European Journal of Operational Research, Vol 211, pp. 263–273.

Wei, J. Zhao, J., (2011), “*Pricing decisions with retail competition in a fuzzy closed loop supply chain*”, Expert Systems with Applications. 38, pp. 11209–11216.

Wu, J.Z., Zhang, Q., (2010) “*Multi-criteria decision making method based on intuitionistic fuzzy weighted entropy*”, Expert Systems with Applications,

Ye, J., (2011), “*Expected value method for intuitionistic trapezoidal fuzzy multicriteria decision-making problems*”, Expert Syst. Appl. doi: 10.1016 /j.eswa. 2011.03.059.

Zadeh, L.A., (1965) “*Fuzzy sets”, Information and Control*, 8, 338–356.

Zamarripa, M.A., Aguirre, A.M., Mendez, C.A., Espuna, A., (2013), "*Mathematical programming and game theory optimization-based tool for supply chain planning in cooperative/competitive environments"*, Chemical Engineering Research and Design, 9, pp 1588-1600.

Zhao, J., Liu, W., Wei, J., (2013), *"Competition under manufacturer service and price in fuzzy environments"*, Knowledge Based System. 50, pp. 121–133.

Zhao, J., Wang, L., (2015), *"Pricing and retail service decisions in fuzzy uncertainty environments",* Applied Mathematics and Computation, 250, pp. 580-592.

Zhou, C. Zhao, R. Tang, W., (2008), *Two-echlon supply chain games in a fuzzy environmen*t, Computer and Industrial Engineering. 55 (2), pp. 390–405.