

حلقه‌های نیم‌آرمنداریز و نیم‌مک‌کوی

شروین صاحبی*

دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی

دریافت: ۹۷/۱۲/۰۱

پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۱

چکیده

در این مقاله حلقه‌های نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) که زیرده‌ای از رده حلقه‌های J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی) می‌باشند را معرفی و ویژگی‌های آنها را بررسی می‌کنیم. حلقه R را نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) می‌نامیم اگر $\bar{R} = \frac{R}{J(R)}$ آرمنداریز (به ترتیب، مک‌کوی) باشد. در این راستا ثابت می‌کنیم که حلقه‌های نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) به طور اکید بین رده حلقه‌های شبه دوگان یکطرفه و رده حلقه‌های J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی) قرار می‌گیرند. همچنین نشان می‌دهیم که حلقه R ، نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) است اگر و فقط اگر $R[[x]]$ حلقه نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) باشد اگر و فقط اگر برای هر عضو خودتوان $e \in R$ ، حلقه eRe ، نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) باشد اگر و فقط اگر حلقه ماتریس‌های $n \times n$ بالامتلی، نیم‌آرمنداریز (نیم‌مک‌کوی) باشد. اما برای هر حلقه R و $n > 1$ با ذکر مثالی نشان می‌دهیم که حلقه $M_n(R)$ ، نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) راست) نمی‌باشد و این بدان معنی است که خاصیت نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) از حلقه‌ها موریتا پایا نیست.

واژه‌های کلیدی: حلقه J -آرمنداریز، حلقه J -مک‌کوی، حلقه شبه دو، رادیکال جیکوبسن.

مقدمه

در سراسر این مقاله R یک حلقه شرکت‌پذیر و یک‌دار است که لزوماً جابه‌جایی فرض نمی‌شود. برای حلقه R ، مجموعه عضوهای پوچتوان، رادیکال جیکوبسن، حلقه ماتریس‌های $n \times n$ و حلقه ماتریس‌های $n \times n$ بالامتلی را به ترتیب با نمادهای $Nil(R)$ ، $J(R)$ ، $M_n(R)$ و $T_n(R)$ نمایش می‌دهیم. در سال ۱۹۹۷، رج و چاواریا حلقه‌های آرمنداریز را معرفی کردند. حلقه R ، آرمنداریز نامیده می‌شود هر گاه برای هر دو چندجمله‌ای

$$g(x) = \sum_{j=0}^m b_j x^j \quad \text{و} \quad f(x) = \sum_{i=0}^n a_i x^i$$

در $R[x]$ از $f(x)g(x) = 0$ نتیجه شود که برای هر i و j ، $a_i b_j = 0$. انتخاب نام آرمنداریز به این دلیل است که آرمنداریز برای اولین بار نشان داد که حلقه‌های کاهشی (حلقه‌هایی که به جز صفر عضو پوچتوان دیگری ندارند) در شرط فوق صدق می‌کنند. تحقیق‌های متعددی در مورد حلقه‌های آرمنداریز انجام شده است [۱، ۲، ۳، ۴، ۵]. در این راستا حلقه‌های آرمنداریز

*نویسنده مسئول sahebi@iauctb.ac.ir

به شکل‌های متفاوتی تعمیم داده شده‌اند [۶،۷]. لیو و ژاو حلقه R را آرمنداریز ضعیف نامیدند هرگاه برای هر دو چندجمله‌ای $f(x)$ و $g(x)$ در $R[x]$ از $f(x)g(x) = 0$ نتیجه شود که برای هر i و j ، $a_i b_j \in Nil(R)$ [۷]. در سال ۲۰۱۷، ثنایی و همکارانش حلقه R را J -آرمنداریز نامیدند هرگاه برای هر دو چندجمله‌ای $f(x)$ و $g(x)$ در $R[x]$ از $f(x)g(x) = 0$ نتیجه شود که برای هر i و j ، $a_i b_j \in J(R)$ [۸].

با توجه به تعریفی که توسط رج و چاواربا ارائه شد، حلقه R مک‌کوی راست نامیده می‌شود هرگاه برای هر دو چندجمله‌ای

$$g(x) = \sum_{j=0}^m b_j x^j \quad \text{و} \quad f(x) = \sum_{i=0}^n a_i x^i$$

در $R[x]$ از $f(x)g(x) = 0$ نتیجه شود که عضو مخالف صفر r در R موجود است بطوری که برای هر i ، $a_i r = 0$. حلقه‌های مک‌کوی چپ به طور مشابه تعریف می‌شوند. همچنین حلقه R ، مک‌کوی نامیده می‌شود هرگاه مک‌کوی چپ و راست باشد. واضح است که هر حلقه آرمنداریز مک‌کوی است. برای مشاهده ویژگی‌های بیشتری از حلقه‌های مک‌کوی می‌توانید از مراجع [۹،۱۰،۱۱] استفاده کنید. انتخاب نام مک‌کوی به این دلیل است که مک‌کوی برای اولین بار نشان داد حلقه‌های جابه‌جایی در شرط فوق صدق می‌کنند [۱۱]. در این راستا حلقه‌های مک‌کوی راست به شکل‌های متفاوتی تعمیم داده شده‌اند. کامیلو و همکارانش R را NC -مک‌کوی راست نامیدند؛ هرگاه برای هر دو چندجمله‌ای $f(x)$ و $g(x)$ در $R[x]$ از $f(x)g(x) = 0$ نتیجه شود که عضو ناصفر r در R موجود است به طوری که $f(x)r \in Nil(R)$ [۱۲]. حلقه‌های NC -مک‌کوی چپ به طور مشابه تعریف می‌شوند. همچنین حلقه R ، NC -مک‌کوی نامیده می‌شود هرگاه NC -مک‌کوی چپ و راست باشد. در سال ۲۰۱۶، وحدانی و همکارانش حلقه R را J -مک‌کوی راست نامیدند هرگاه برای هر دو چندجمله‌ای $f(x)$ و $g(x)$ در $R[x]$ از $f(x)g(x) = 0$ نتیجه شود که عضو مخالف صفر r در R موجود است بطوری که برای هر i ، $a_i r \in J(R)$ [۱۳]. حلقه‌های J -مک‌کوی چپ به طور مشابه تعریف می‌شوند. همچنین حلقه R ، J -مک‌کوی نامیده می‌شود هرگاه J -مک‌کوی چپ و راست باشد. به وضوح، حلقه‌های آرمنداریز ضعیف (به ترتیب، NC -مک‌کوی)، J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی) می‌باشند. زیرا اگر $f(x) = \sum_{i=0}^n a_i x^i$ و $g(x) = \sum_{j=0}^m b_j x^j$ دو چندجمله‌ای دلخواه در $R[x] - \{0\}$ باشند به طوری که $f(x)g(x) = 0$ ، بنابراین برای هر t در R داریم $tf(x)g(x) = 0$ و چون R یک حلقه آرمنداریز ضعیف (به ترتیب، NC -مک‌کوی) است پس برای هر i و j ، $ta_i b_j \in Nil(R)$ (به ترتیب، عضو مخالف صفر r در R موجود است به طوری که $tf(x)r \in Nil(R)$) و بنابراین $1 - ta_i b_j \in U(R)$ (به ترتیب، $1 - ta_i r \in U(R)$). لذا $a_i b_j \in J(R)$ (به ترتیب، $a_i r \in J(R)$). توجه کنید که برای حلقه‌های آرتینی مفاهیم حلقه‌های آرمنداریز ضعیف (به ترتیب، NC -مک‌کوی) و J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی) یکسان هستند.

در این مقاله با انگیزه از نتایج فوق، زیرکلاسی از حلقه‌های J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی) را معرفی می‌کنیم. حلقه R را نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) می‌نامیم اگر $\bar{R} = \frac{R}{J(R)}$ آرمنداریز (به ترتیب، مک‌کوی) باشد. به وضوح، حلقه‌های نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی)، J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی) می‌باشند. همچنین نشان می‌دهیم حلقه‌های شبه‌دوگان چپ (راست)، نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) هستند و مثالی وجود دارد که نشان می‌دهد

حلقه‌های نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) لزوماً شبه‌دوگان چپ (راست) نیستند. لذا حلقه‌های نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) به طور اکید بین کلاس حلقه‌های شبه دو و کلاس حلقه‌های J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی) قرار می‌گیرند.

۱. حلقه‌های نیم‌آرمنداریز و نیم‌مک‌کوی

در این بخش حلقه‌های نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی) را به عنوان زیر کلاسی از حلقه‌های J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی) معرفی و ویژگی‌های آنها را با توجه به ساختارهای استاندارد نظیر حاصلضرب مستقیم حلقه‌ها، حلقه‌های خارج قسمتی، زیر حلقه‌ها، حلقه ماتریس‌ها، حلقه‌های کنج (حلقه‌های eRe برای عضو خودتوان e در R)، حلقه‌های چندجمله‌ای و ... بررسی می‌کنیم.

تعریف ۱.۱. حلقه R را نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) می‌نامیم اگر $\bar{R} = \frac{R}{J(R)}$ آرمنداریز (به ترتیب، مک‌کوی راست) باشد. یعنی برای هر دو چندجمله‌ای $f(x) = \sum_{i=0}^n \bar{a}_i x^i$ و $g(x) = \sum_{j=0}^m \bar{b}_j x^j$ در $\bar{R}[x]$ از $f(x)g(x) = \bar{0}$ نتیجه شود که برای هر i و j ، $a_i b_j \in J(R)$ (به ترتیب، عضو مخالف صفر r در R موجود است به طوری که برای هر i ، $a_i r \in J(R)$). حلقه‌های نیم‌مک‌کوی چپ به طور مشابه تعریف می‌شوند. همچنین حلقه R ، نیم‌مک‌کوی نامیده می‌شود هر گاه نیم‌مک‌کوی چپ و راست باشد. بنا به تعریف به وضوح، هر حلقه نیم‌آرمنداریز، نیم‌مک‌کوی است. طبق [۱۴، قضیه ۲] حلقه‌های برگشت‌پذیر، مک‌کوی می‌باشند. لذا اگر $\frac{R}{J(R)}$ یک حلقه برگشت‌پذیر باشد، آن‌گاه R یک حلقه نیم‌مک‌کوی است. همچنین به وضوح، حلقه‌های موضعی، نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) و حلقه‌های نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست)، J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی راست) هستند. اما مثال زیر نشان می‌دهد که حلقه‌های J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی راست) لزومی ندارد که نیم‌آرمنداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) باشند.

مثال ۱.۱. فرض کنید $\mathbb{Z}_{(3)}$ حلقه موضعی از اعداد صحیح توسط ایده‌آل اول $\langle 3 \rangle$ باشد. حلقه کواترنیون‌های Q روی $\mathbb{Z}_{(3)}$ را که یک R -مدول آزاد با پایه $1, i, j, k$ می‌باشد را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$Q = \{ \mathbb{Z}_{(3)} + \mathbb{Z}_{(3)}i + \mathbb{Z}_{(3)}j + \mathbb{Z}_{(3)}k \mid i^2 = j^2 = k^2 = -1, ij = k = -ji \}.$$

در این صورت Q یک دامنه ناچابه‌جایی است و بنابراین J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک‌کوی راست) است. ادعا می‌کنیم $J(Q) = 3Q$. برای این منظور اگر $t = t_0 + t_1i + t_2j + t_3k \in 3Q$ آن‌گاه $t_0, t_1, t_2, t_3 \in 3\mathbb{Z}_{(3)}$ و بنابراین خواهیم داشت $1 - t_0 \in U(\mathbb{Z}_{(3)})$.

پس

$$(1 - t_0 + t_1i + t_2j + t_3k)(1 - t_0 - t_1i - t_2j - t_3k) = (1 - t_0)^2 + t_1^2 + t_2^2 + t_3^2 \in U(Q)$$

و از آن جا $1 - t \in U(Q)$ و بنابراین $3Q \subseteq J(Q)$. از طرفی $\frac{Q}{3Q}$ یک حلقه ساده است پس $J\left(\frac{Q}{3Q}\right) = 0$ و این نتیجه می دهد که $J(Q) \subseteq 3Q$. توجه کنید که $\frac{\mathbb{Z}(3)}{3\mathbb{Z}(3)} \cong \mathbb{Z}_3$. اما با در نظر گرفتن نگاشت زیر

$$\emptyset: \frac{Q}{3Q} \rightarrow M_2(\mathbb{Z}_3)$$

$$\emptyset(t_0 + t_1 i + t_2 j + t_3 k + 3Q) = t_0 \begin{pmatrix} \bar{1} & \bar{0} \\ \bar{0} & \bar{1} \end{pmatrix} + t_1 \begin{pmatrix} \bar{0} & \bar{1} \\ \bar{2} & \bar{0} \end{pmatrix} + t_2 \begin{pmatrix} \bar{1} & \bar{2} \\ \bar{2} & \bar{2} \end{pmatrix} + t_3 \begin{pmatrix} \bar{2} & \bar{2} \\ \bar{2} & \bar{1} \end{pmatrix}$$

نتیجه می گیریم که $\frac{Q}{J(Q)}$ با $M_2(\mathbb{Z}_3)$ یک ریخت است که آرمنداریز (مک کوی راست) نمی باشد [تذکر ۳، ۱، ۵]. بنابراین Q نیم آرمنداریز (به ترتیب، نیم مک کوی راست) نیست.

فرض کنید برای هر $t \in I$ ، R_t یک حلقه باشد. توجه کنید که $\frac{\prod_{t \in I} R_t}{J(\prod_{t \in I} R_t)} \cong \frac{\prod_{t \in I} R_t}{J(\prod_{t \in I} R_t)}$ بنابراین حاصل ضرب حلقه های R_t ، $t \in I$ فرض کنید برای هر $t \in I$ ، R_t یک حلقه نیم آرمنداریز (به ترتیب، نیم مک کوی راست) می باشد اگر و فقط اگر برای هر $t \in I$ ، R_t یک حلقه نیم آرمنداریز (به ترتیب، نیم مک کوی راست) باشد از آن جا که برای هر حلقه R و $n > 1$ حلقه $M_n(R)$ ، J -آرمنداریز (به ترتیب، J -مک کوی راست) نیست [تذکر ۳، ۱، ۵]، لذا نیم آرمنداریز (به ترتیب، نیم مک کوی راست) نیز نمی باشد و این بدان معنی است که خاصیت نیم آرمنداریز (به ترتیب، نیم مک کوی راست) از حلقه ها موریتا پایا نیست.

گزاره ۱.۱. برای حلقه R موارد زیر معادل اند:

(۱) R یک حلقه نیم آرمنداریز (به ترتیب، نیم مک کوی راست) است.

(۲) $R[[X]]$ یک حلقه نیم آرمنداریز (به ترتیب، نیم مک کوی راست) است.

(۳) برای هر عضو خودتوان e در R ، eRe یک حلقه نیم آرمنداریز (به ترتیب، نیم مک کوی راست) است.

(۴) $T_n(R)$ یک حلقه نیم آرمنداریز (به ترتیب، نیم مک کوی راست) است.

اثبات: از آن جا که $\frac{R[[X]]}{J(R[[X]])} \cong \frac{R}{J(R)}$ و $\frac{eRe}{J(eRe)} \cong \frac{R}{J(R)}$ و $\frac{T_n(R)}{J(T_n(R))} \cong \frac{R}{J(R)} \times \frac{R}{J(R)} \times \dots \times \frac{R}{J(R)}$ پس گزاره برقرار است. یادآوری می کنیم که حلقه R را آبلی می نامیم هر گاه خودتوان های آن مرکزی باشند. حلقه های آرمنداریز آبلی می باشند [۴، ۷، ۴]. اما حلقه های نیم آرمنداریز لزوماً آبلی نیستند. برای مثال، فرض کنید F یک میدان باشد. در این صورت طبق گزاره ۳، ۲، $R = T_2(F)$ نیم آرمنداریز است ولی آبلی نیست.

مثال زیر نشان می دهد که حلقه چند جمله ای از حلقه های نیم آرمنداریز در حالت کلی نیم آرمنداریز نیست.

مثال ۱.۲. فرض کنید F یک میدان، $R = M_2(F)$ و $R_1 = R[[t]]$ و $S = \{\sum_{i=0}^{\infty} a_i t^i \in R_1 \mid a_0 \in kI, k \in F\}$ جایی که I ماتریس همانی است. از آن جا که $J(S) = \{\sum_{i=0}^{\infty} a_i t^i \in R_1 \mid a_0 = 0\}$ پس $J(S) = \{k(e_{11} + e_{22}) \mid k \in F\}$ یک حلقه بخشی است و بنابراین S یک حلقه موضعی و بنابراین نیم آرمنداریز است. حال نشان می دهیم که $S[X]$ (حلقه

چند جمله‌ای‌ها روی S نیم‌آرمننداریز نیست. برای این منظور $f(y) = e_{11}tx - e_{12}txy$ و $g(y) = e_{21}tx + e_{11}txy$ را در $(S[x])[y]$ در نظر می‌گیریم. واضح است که $(e_{11}tx)^2$ متعلق به $J(S[x])$ نیست و بنابراین $S[x]$ نیم‌آرمننداریز نمی‌باشد.

نتیجه ۱.۱. در حالت کلی یک زیرحلقه از حلقه‌های نیم‌آرمننداریز، نیم‌آرمننداریز نیست.

گزاره ۱.۲. فرض کنید R یک حلقه و $J(R)[x] = J(R[x])$ در این صورت، R یک حلقه نیم‌آرمننداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) است اگر و فقط اگر $R[x]$ یک حلقه نیم‌آرمننداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) باشد.

اثبات: تابع $\varphi: R[x] \rightarrow \frac{R}{J(R)}[x]$ را با ضابطه $\varphi(f(x)) = f(x) + J(R[x])$ در نظر می‌گیریم. به وضوح ϕ یک هم‌ریختی پوشاست و $\ker \varphi = J(R)[x] = J(R[x])$. پس $\frac{R[x]}{J(R[x])} \cong \left(\frac{R}{J(R)}\right)[x]$. بنا به [۱، قضیه ۲] (به ترتیب، [۱۵، قضیه ۱]) حلقه R آرمننداریز (به ترتیب، مک‌کوی) است اگر و فقط اگر $R[x]$ آرمننداریز (به ترتیب، مک‌کوی) باشد و بنابراین حکم برقرار است.

گزاره ۱.۳. فرض کنید R یک حلقه و I ایده‌الی از آن باشد به طوری که $I \subseteq J(R)$. در این صورت، R یک حلقه نیم‌آرمننداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) است اگر و فقط اگر $\frac{R}{I}$ یک حلقه نیم‌آرمننداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) باشد.

اثبات: از آن‌جا که $I \subseteq J(R)$ پس $J\left(\frac{R}{I}\right) = \frac{J(R)}{I}$. چون $\frac{R}{J(R)} \cong \frac{R}{J(R)}$ ، بنابراین حکم برقرار است.

فرض کنید S, R دو حلقه و M یک (R, S) -دومدول باشد (یعنی M یک R -مدول چپ و یک S -مدول راست باشد و برای هر $r \in R, m \in M, s \in S$ و $(rm)s = r(ms)$). در این صورت قرار می‌دهیم: $T = \begin{pmatrix} R & M \\ 0 & S \end{pmatrix} = \left\{ \begin{pmatrix} r & m \\ 0 & s \end{pmatrix} \mid r \in R, m \in M, s \in S \right\}$. $M, S \in S$ و ضرب در T را با استفاده از ضرب معمولی در ماتریس‌ها به صورت $\begin{pmatrix} r_1 & m_1 \\ 0 & s_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_2 & m_2 \\ 0 & s_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 r_2 & r_1 m_2 + m_1 s_2 \\ 0 & s_1 s_2 \end{pmatrix}$ تعریف می‌کنیم. این ساختار از حلقه، حلقه بالامتثلی T نامیده می‌شود.

گزاره ۱.۴. فرض کنید R و S دو حلقه، M یک (R, S) -دومدول و T حلقه بالامتثلی $\begin{pmatrix} R & M \\ 0 & S \end{pmatrix}$ باشد. در این صورت، R و S حلقه‌های نیم‌آرمننداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) هستند اگر و فقط اگر T یک حلقه نیم‌آرمننداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) باشد.

اثبات: از آن‌جا که $\frac{T}{J(T)} \cong \frac{R}{J(R)} \times \frac{S}{J(S)}$ ، بنابراین حکم برقرار است.

حلقه R را شبه-دو راست (به ترتیب، چپ) می‌نامیم هرگاه هر ایده‌ال راست (به ترتیب، چپ) ماکسیمال، یک ایده‌ال دوطرفه باشد. اگر R یک حلقه شبه-دو راست (چپ) باشد آن‌گاه طبق [۱۶، گزاره ۳، ۴]، حلقه کاهشی است. و چون حلقه‌های کاهشی آرمننداریز می‌باشند بنابراین R یک حلقه نیم‌آرمننداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) می‌باشد ولی عکس این مطلب در حالت کلی برقرار نمی‌باشد. برای نمونه، دامنه ابتدایی راست R را در نظر بگیرید به طوری که حلقه بخشی نباشد (به عنوان مثال، جبر آزاد $R = \mathbb{Q}\langle x, y \rangle$). در این صورت R ، نیم‌آرمننداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست) است اما طبق [۱۶، گزاره ۱، ۴]، شبه-دو راست نیست. بنابراین کلاس حلقه‌های نیم‌آرمننداریز (به ترتیب، نیم‌مک‌کوی راست)، بین کلاس حلقه‌های شبه-دو راست (چپ) و کلاس حلقه‌های J -آرمننداریز (J -مک‌کوی) قرار می‌گیرد.

References

1. D. D. Anderson, V. Camillo, Armendariz rings and Gaussian rings, *Comm. Algebra* 26 (1998), no. 7, 2265-2272.
2. E. P. Armendariz, A Note on Extensions of Baer and p.p-rings, *J. Austral. Math. Soc.* 18 (1974), 470-473.
3. C. Huh, Y. Lee, A. Smoktunowicz, Armendariz rings and semicommutative rings, *Comm. Algebra* 30 (2002), no. 2, 751-761.
4. N. K. Kim, Y. Lee, Armendariz rings and reduced rings, *J. Algebra.* 223 (2000), no.2, 477-488.
5. M. B. Rege, S. Chhawchharia, Armendariz rings, *Proc. Japan Acad. Ser. A, Math. Sci.* 73 (1997), 14-17.
6. Ch. Y. Hong, N. k. Kim, T. K. Kwak, On Skew Armendariz rings, *Comm. Algebra* 31(2003), no.1, 103-122.
7. Z. Liu, R. Zhao, On weak Armendariz rings, *Comm. Algebra* 34 (2006), no. 7, 2607-2616.
8. M. Sannaei, Sh. Sahebi, H. H.S. Javadi, J-Armendariz rings, *Journal of Mathematical extension*, 12 (2017), no. 2, 65-74 .
9. M. Baser, T. K. Kwak, Y. Lee., The McCoy condition on skew polynomial rings. *Comm. Algebra* 37 (2009), no.11, 4026-4037.
10. M. T. Kosan, Extention of rings having McCoy condition, *Canad. Math. Bull.* 2 (2009), 267-272.
11. N. H. McCoy, Remarks on divisors of zero, *Amer. Math. Monthly* 49 (1942), 286-295.
12. V. Camillo, T. K. Kwak, Y. Lee., On a generalization of McCoy rings, *J. Korean Math.Soc.* 50 (2013), no.5, 959-972.
13. M. Vahdani, Sh, Sahebi, H. H. S. Javadi, On a generalization of NC-McCoy rings, *Miskolc Mathematical Notes*, 18 (2017), no. 1, 337-345.
14. P.P Nielsen, Semi-commutativity and the McCoy condition, *J. Algebra*, 98, (2006), 134-141.
15. Z. Lei, J. Chen, Z. Ying, A question on McCoy rings, *Bull. Austral. Math. Soc.*, 76 (2007), 137-141.
16. T.Y. Lam, A. S. Dugas, Quasi-duo rings and stable range descent, *J. Appl. Algebra.* 195, 3, (2005), 243-259.