

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی در پیش بینی زاویه خمش در فرآیند شکل دهی با لیزر

محسن حسنی^{۱*}، اعظم قاسمی^۲، محمود فرزین^۳

۱ و * - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد
M.hasanee@yahoo.com

۲ - استادیار گروه مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد
A_ghassemi@pmc.iaun.ac.ir

۳ - استاد گروه مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان
Farzin@cc.iut.ac.ir

چکیده

فرآیند شکل دهی با استفاده از لیزر، به عنوان یک روش شکل دهی حرارتی غیر تماسی، در شکل دهی و خم کاری ورق های فلزی و غیر فلزی مورد استفاده قرار می گیرد. در این فرآیند، با اسکن پرتو لیزر در طول یک مسیر مشخص، ورق خم می شود. یکی از مهم ترین پارامترهای خروجی فرآیند شکل دهی با لیزر زاویه خمش است که به پارامترهایی چون خواص فیزیکی و مکانیکی ماده، توان لیزر، سرعت حرکت لیزر و تعداد دفعات اسکن وابسته است. در این مقاله از دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی به منظور پیش بینی زاویه خمش در فرآیند شکل دهی با لیزر استفاده شده است. توان لیزر و سرعت حرکت لیزر به عنوان پارامترهای ورودی مدل ها می باشند. مقایسه داده های حاصل از مدل های شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی با آزمایش ها، نتایج منطقی و قابل قبولی را نشان می دهد.

واژگان کلیدی: شکل دهی ورق با لیزر، زاویه خمش، شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی

Artificial Neural Network and Fuzzy Logic to Prediction of Bending Angle in Laser Forming Process

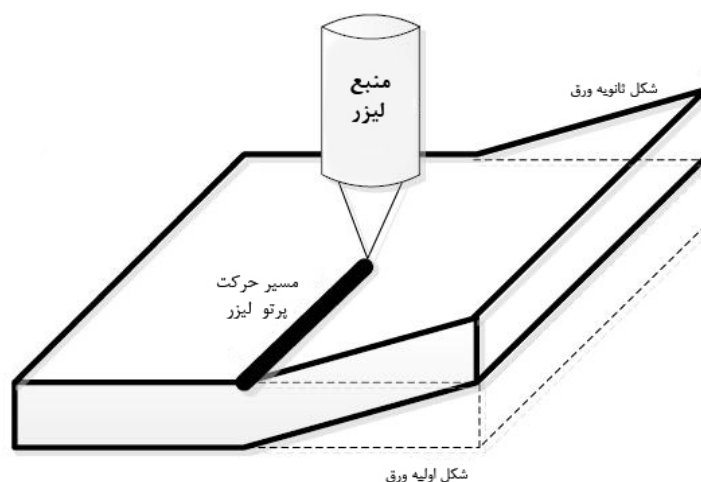
Abstract

Laser Forming process as a non-contact thermal forming process is widely used to forming and bending of metallic and non-metallic sheets. In this process, according to laser irradiation along a specific path, sheet is bended. One of the most important output parameters in laser forming is bending angle that depends on process parameters such as physical and mechanical properties of materials, laser power, laser travel speed and the number of scan passes. In this paper two models, Artificial Neural Network and Fuzzy Logic are used to predict of bending angle in laser forming process. Inputs to these models are Laser Travel Speed and Laser Power. In comparison to artificial neural network and fuzzy logic models with experimental results has shown a reasonable agreement.

Keywords : Laser Forming; Bending Angle; Artificial Neural Network; Fuzzy Logic

۱- مقدمه

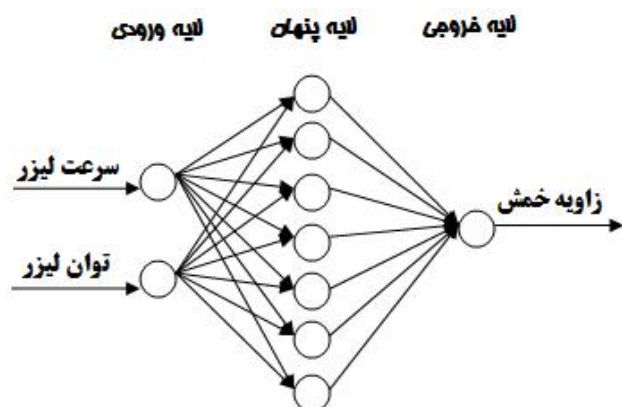
فرآیند شکل دهی با لیزر فرآیندی است که در آن پرتو لیزر با سرعتی مشخص بر روی سطح ورق حرکت می کند و باعث ایجاد گرادیان دمایی در راستای ضخامت ورق می شود. این امر تنش های حرارتی در راستای ضخامت ورق ایجاد می کند و سبب تغییر شکل پلاستیک ورق در ناحیه حرارت دیده شده می شود. با تکرار حرکت پرتو بر مسیر مشخص، میزان خم ایجاد شده افزایش می یابد و در انتها یک خم دائم در ورق بوجود می آید [۱]. در زمینه شکل دهی با لیزر تا کنون تحقیقات فراوانی صورت گرفته است، از جمله ادواردسن و همکارانش در سال ۲۰۰۶ که به بررسی اثر گیره بندی قطعه کار بر میزان زاویه خمش پرداختند [۲]. یانجین و همکارانش در سال ۲۰۰۵ اثر خواص ماده در شکل دهی ورق های فلزی را بررسی نموده اند [۳]. پنگ چنگ و همکارانش در سال ۲۰۰۶ به بررسی اثر تغییر ضخامت بر میزان زاویه خمش در این فرآیند پرداخته اند [۴]. همچنین مطالعاتی در مورد تاثیر حرکت پرتو لیزر بر روی سطح ورق و میزان زاویه خمش ناشی از آن با استفاده از فرمول های تجربی انجام شده است [۵-۸]. کیرساندی [۹] و چنگ لی [۱۰] به بررسی اثر انتقال حرارت دو بعدی و سه بعدی بر زاویه خمش پرداخته اند. جیو وانگ [۱۱] و چنگ [۱۲] و زیمین فو [۱۳] به ارائه مدلی جهت پیش بینی زاویه خمش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداخته اند. در این مقاله سعی شده تا با ارائه مدل هایی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی، مقدار زاویه خمش بدست آمده از فرآیند شکل دهی با لیزر پیش بینی شود و نتایج حاصل از این دو مدل با نتایج تجربی کیرساندی [۱۴] مقایسه گردد و صحت هر کدام از مدل های عصبی و فازی بیان شود. در شکل (۱) شماتیک فرآیند شکل دهی با لیزر نشان داده شده است.



شکل (۱) شماتیک فرآیند شکل دهی با لیزر

۲- شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی رویکردی است که سعی در تقلید از توانایی های پردازشی ویژه مغز انسان دارد. این روش ماشینی یادگیری می تواند با استفاده از پردازش های موازی انبوه، به فراگیری الگوی موجود در داده ها بپردازد. از ویژگی های شبکه عصبی مصنوعی می توان به قابلیت یادگیری، قابلیت تعمیم و پردازش موازی آن اشاره کرد. هر شبکه مصنوعی دارای سه لایه ورودی، پنهان و خروجی می باشد که در لایه های ورودی و خروجی به تعداد پارامتر های ورودی و خروجی نرون داریم و تعداد نرون های لایه پنهان باید بصورت سعی و خطا محاسبه شود. جهت یادگیری شبکه تا کنون الگوریتم های فراوانی ارائه شده اند یکی از مهمترین آنها تابع TrainLM می باشد. این تابع در حین حل مسئله، مقادیر وزن و بایاس را مطابق با الگوریتم بهینه سازی Levenberg Marquardt تغییر می دهد. شبکه عصبی استفاده شده در این مقاله از نوع پس انتشار خطا با ساختار ۲-۷-۲ نرون در لایه های ورودی، پنهان و خروجی می باشد که شماتیک شبکه در شکل (۲) نشان داده شده است. تابع انتخاب شده در لایه های پنهان و خروجی از نوع Tansig می باشد که در رابطه (۱) قابل مشاهده است. داده های حاصل از آزمایش قبل از ورود به شبکه با استفاده از رابطه (۲) نرمالیزه شده است و ۸۰ درصد از آنها جهت آموزش شبکه و ۲۰ درصد آنها جهت تست شبکه استفاده شده اند.



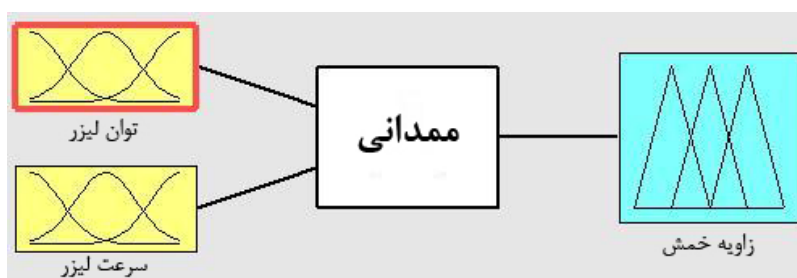
شکل (۲) شماتیک ساختار شبکه عصبی مصنوعی

$$\text{Tansig} = \frac{2}{1 + e^{2x}} - 1 \quad (1)$$

$$X_{\text{norm}} = \frac{X - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}} \quad (2)$$

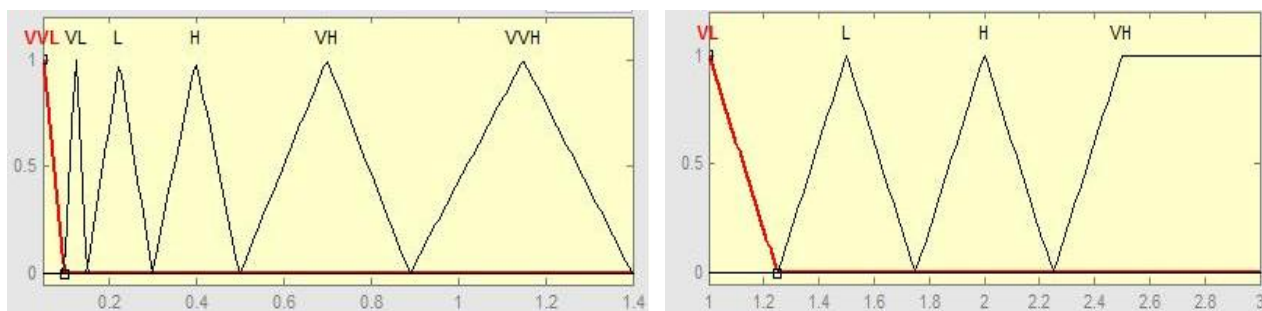
۳- منطق فازی

سیستم استنباط فازی، فرآیندی است که با استفاده از منطق فازی اطلاعات ورودی (یگانه یا متعدد) را به مقادیر خروجی، متناظر می کند. دو نوع سیستم استنباط فازی وجود دارد، نوع ممدانی و نوع سوگنو که در ایندو روش نحوه تعیین مقدار خروجی بصورت خطی هستند. در مدل های فازی ابتدا باید اطلاعات ورودی و خروجی به مجموعه های فازی تقسیم بندی شوند (مرحله فازی سازی). گام بعدی گرفتن ورودی ها و تعیین درجه تعلقات آنها به مجموعه فازی متناظر است که با توجه به تابع عضویت مجموعه انجام می گیرد. سپس رابطه بین ورودی ها و خروجی ها توسط عبارات نوشتاری از بین این مجموعه ها مشخص می شود (قوانین فازی). در واقع این اظهارات زبانی ارتباط بین مجموعه های فازی و عملکرد های فازی را برقرار می کنند و توسط این قوانین شبکه فازی آموزش دیده و می تواند رابطه بین ورودی ها و خروجی ها را استنتاج نماید. در منطق فازی ورودی ها اعدادی حقیقی و خروجی ها، یک مجموعه یا ادغامی از چندین مجموعه فازی هستند در واقع ادغام مجموعه های فازی، یک محدوده از مقادیر خروجی را شامل می شوند و به منظور بدست آوردن یک مقدار خروجی مشخص عددی از مجموعه ها، باید عمل غیر فعال سازی روی آنها اعمال شود. مجموعه غیر فازی شده یک عدد مشخص را برای خروجی مشخص می کند [۱۵]. در این مقاله از سیستم فازی ممدانی استفاده شده که شماتیک شبکه در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۳) شماتیک ساختار منطق فازی

جهت آموزش مدل فازی همانند مدل عصبی از ۸۰ درصد آزمایش ها استفاده شده است که هر کدام از پارامترهای ورودی و خروجی به چهار یا شش مجموعه فازی دسته بندی شده اند. همانطور که در شکل های (۵و۴) نشان داده شده است تابع عضویت این دسته ها بصورت مثلثی می باشد، همچنین کد بندی این دسته ها با استفاده از حروف مخفف VVL , VL , L , H , VH , VVH انجام شده است که به ترتیب بیانگر خیلی خیلی کم، خیلی کم، کم، زیاد، خیلی زیاد، خیلی خیلی زیاد می باشند.



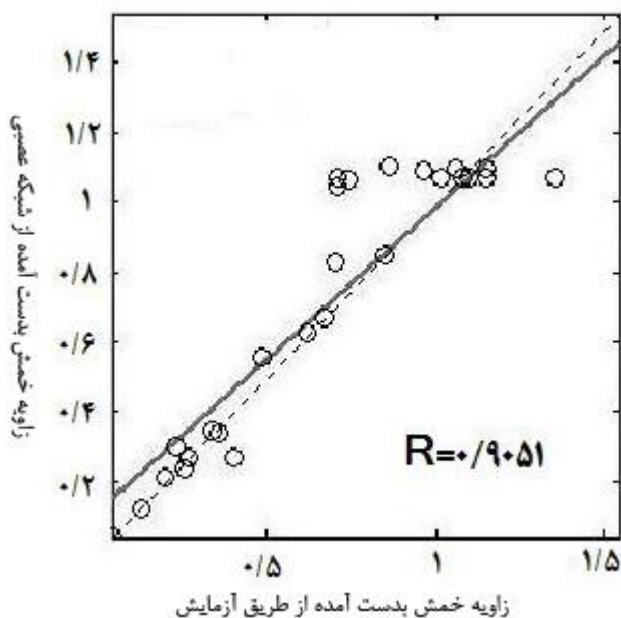
شکل (۵و۴) توابع عضویت پارامترهای ورودی فرآیند شکل دهی با لیزر

۴- آزمایش های تجربی

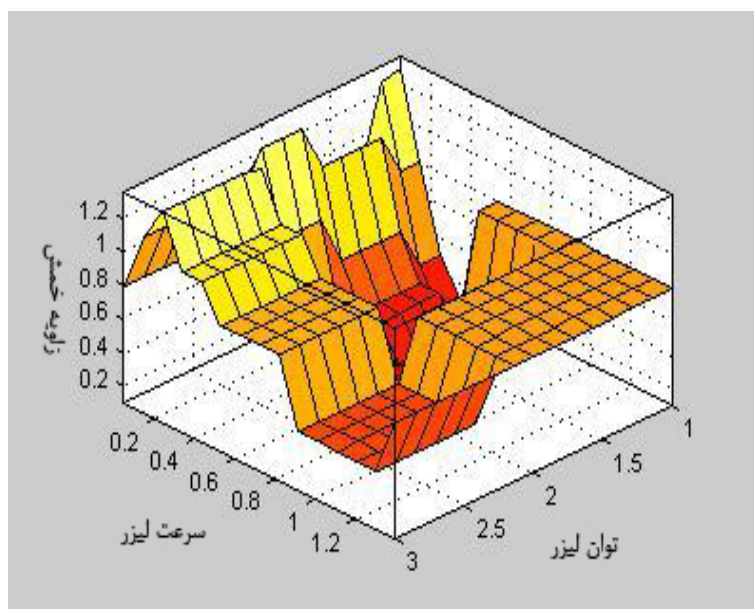
آزمایش های انجام شده بر روی فلز Steel 1.0586 (D3) انجام شده است. دستگاه مورد استفاده در این عملیات، لیزر Co2 است. بررسی پارامتری این فرآیند با انجام ۲۷ آزمایش و با تغییر مقادیر قدرت لیزر و سرعت حرکت لیزر انجام شده است. ابعاد قطعه مورد استفاده ۶*۱۵۰*۳۰۰ میلی متر، قطر پرتو لیزر ۱۶ میلی متر، ضریب جذب ۳۰ درصد، ظرفیت گرمایی ویژه ۴۲۷J/Kgc، ضریب هدایت حرارتی ۳۵.۱ W/mc، چگالی ۷۸۶۰ Kg/m3 و ضریب انبساط حرارتی $1/c \cdot 10^{-6}$ می باشد.

۵- بررسی و تحلیل نتایج

نتایج حاصل از آزمایش های تجربی و مقادیر پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی همراه با خطاهای هر مدل برای آزمایش های استفاده شده در آموزش و تست شبکه در جدول (۱) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می شود شبکه عصبی مصنوعی با میانگین خطای ۱/۱۱ درصد و منطق فازی با میانگین خطای ۱/۱۹ درصد، توانایی بالایی در پیش بینی زاویه خمش در فرآیند شکل دهی با لیزر دارند. همانطور که در شکل (۶) مشاهده می شود شبکه عصبی مصنوعی با رگرسیون مناسبی که نسبت به تمامی داده ها ایجاد کرده است قابلیت بالایی در تشخیص مقادیر صحیح زاویه خمش دارد. همچنین با توجه به شکل (۷) که نشان دهنده سطوح ایجاد شده توسط منطق فازی است این مدل نیز قابلیت پیش بینی بالایی در این فرآیند را دارا می باشد.



شکل (۶) نمودار رگرسیون شبکه عصبی مصنوعی

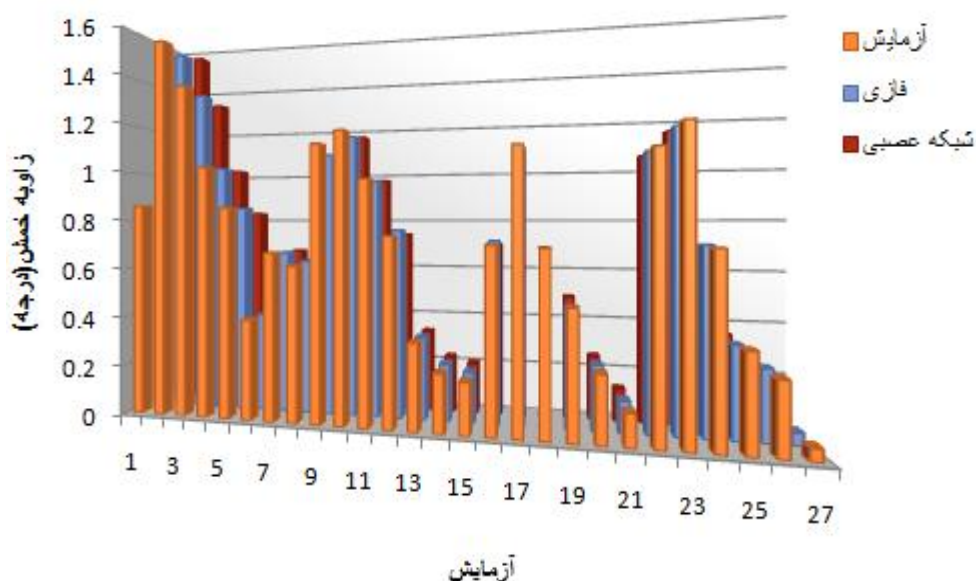


شکل (۷) نمودار سطوح منطق فازی

شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی با آموزش صحیح می توانند مقادیر زاویه خمش در فرآیند شکل دهی با لیزر را دقت بالایی پیش بینی کنند. شکل (۸) نشان دهنده مقادیر زاویه خمش در آزمایش های انجام شده و مدل های عصبی و فازی است.

جدول (۱) نتایج حاصل از آزمایش ها، شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی

ردیف	توان لیزر (Kw)	سرعت لیزر (m/min)	زاویه خمش (درجه)	شبکه عصبی	خطای شبکه عصبی (%)	منطق فازی	خطای منطق فازی (%)
۱	۳	۰/۱۳	۰/۸۶	۰/۸۹۱	۳/۶	۰/۸۹	۳/۴۸
۲	۳	۰/۱۵	۱/۵۴	۱/۵۴۴	۰/۲۵	۱/۵۲	۱/۲۹
۳	۳	۰/۳	۱/۳۵	۱/۳۲۲	۲/۰۷	۱/۳۳۸	۰/۸۸
۴	۳	۰/۴۵	۱/۰۱۶	۱/۰۲۱	۰/۴۹	۱/۰۲	۰/۳۹
۵	۳	۰/۶	۰/۸۵	۰/۸۳	۲/۳۵	۰/۸۵	۰
۶	۳	۱/۲	۰/۶۷	۰/۶۶۶	۰/۵۹	۰/۶۶۵	۰/۷۴
۷	۲	۰/۱	۱/۱	۱/۰۸۸	۱/۰۹	۱/۰۷	۲/۷۲
۸	۲	۰/۱۵	۱/۱۵	۱/۱۶	۰/۸۶	۱/۱۴۳	۰/۶
۹	۲	۰/۲۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۱/۰۴	۰/۹۶	۰
۱۰	۲	۰/۴۵	۰/۳۳۷	۰/۳۳	۲/۰۷	۰/۳۳	۲/۰۷
۱۱	۲	۰/۶	۰/۲۲۷	۰/۲۲۶	۰/۴۴	۰/۲۲۸	۰/۴۴
۱۲	۲	۰/۷۵	۰/۲	۰/۲۰۲	۱	۰/۲	۰
۱۳	۱/۵	۰/۰۵	۰/۷۱	۰/۷۰۲	۱/۱۲	۰/۷۲	۱/۴
۱۴	۱/۵	۰/۱۵	۱/۰۷۸	۱/۰۸	۰/۱۸	۱/۰۸	۰/۱۸
۱۵	۱/۵	۰/۲۵	۰/۷	۰/۶۹	۱/۴۲	۰/۶۸۹	۱/۵۷
۱۶	۱/۵	۰/۴۵	۰/۲۵۶	۰/۲۵۴	۰/۷۸	۰/۲۵۴	۰/۷۸
۱۷	۱/۵	۰/۶	۰/۱۲۵	۰/۱۲۸	۲/۴	۰/۱۲۴	۰/۸
۱۸	۱	۰/۰۵	۱/۰۶	۱/۰۵۴	۰/۵۶	۱/۰۵۸	۰/۱۸
۱۹	۱	۰/۱	۱/۱۴۸	۱/۱۵	۰/۱۷	۱/۱۵	۰/۱۷
۲۰	۱	۰/۲۵	۰/۳۶	۰/۳۶	۰	۰/۳۵	۲/۷۷
۲۱	۱	۰/۳	۰/۲۶۸	۰/۲۶	۲/۹۸	۰/۲۷	۰/۷۴
۲۲	۱	۰/۴۵	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰	۰/۰۴۸	۲/۱۲
آزمایش های تست							
۲۳	۳	۰/۹	۰/۴	۰/۴۰۱	۰/۲۵	۰/۴۰۲	۰/۵
۲۴	۳	۱/۴	۰/۶۲	۰/۶۰۹	۱/۷۷	۰/۶۳	۱/۶۱
۲۵	۲	۰/۳	۰/۷۴	۰/۷۴	۰	۰/۷۶	۲/۷
۲۶	۱/۵	۰/۳	۰/۴۷۸	۰/۴۹	۰/۶۱	۰/۴۷	۳/۲
۲۷	۱	۰/۱۵	۰/۷	۰/۶۹	۱/۸۴	۰/۷۱	۰/۷
میانگین خطا				۱/۱۱		۱/۱۹	



۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله مدل‌هایی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی جهت پیش‌بینی زاویه خم شدن در فرآیند شکل‌دهی با لیزر ارائه شده است. از مقایسه نتایج می‌توان دریافت در صورتیکه این مدل‌ها به خوبی آموزش دیده شوند توانایی بالایی در تشخیص زاویه خم شدن در فرآیند شکل‌دهی با لیزر خواهند داشت.

شکل

(۸) نمودار زاویه خم شدن برای مقادیر آزمایش شده و مدل‌های عصبی و فازی

منابع و مراجع

- [1] PhD thesis, Xi Zhand, "Laser Assisted High Precision Bending and It's Applications". PhD Thesis, Faculty of Purdue University, 2004.
- [2] S. P. Edwardson, K. G. Watkins, E. Abed, K. Bartkowiak, G. dearden, "Geometrical Influences on the Bend Angle Rate per Pass during Multi-pass 2D Laser Forming". Journal of Physics D: Applied Physics, pp. 382-389, 2006.
- [3] Guan Yanjin, Sun Sheng, Zhao Guoqun, Luan Yiguo, "Influence of Material Properties on the Laser Forming Process of Sheet Metals", Journal of Mat. Processing Tech., 2005.
- [4] Peng Cheng, Yajun Fan, Jie Zhang, Y. Lawrence Yao, "Laser Forming of Varying Thickness Plate- part I". Journal of Manufacturing Science and Eng., pp. 634-641., 2006.
- [5] Geiger M., Vollertsen F., "The Mechanism oh Laser Forming", CIRP Ann., Vol.42,No.1, PP.301-304, 1993.
- [6] F. Vollertsen, "An analytical model for Laser bending", Journal of Lasers Engineering, Vol.2, pp.261-276 , 1994.
- [7] Yan C.L., Chen K.C., Lee W.B., "Laser Bending of Leadframe Materials ", Journal of Material Processing Technology, Vol. 82, pp.117-121, 1998.
- [8] Yongjun Shi, Hong Shen, Zhenqiang Yao, Jun Hu, "Temprature gradient mechanism in laser forming of thin plates.", Optic & Laser Technology, Vol.39, pp. 858-863, 2007.
- [9] An.K. Kyrsanidi, Th.B. Kermanidis, Sp.G. Pantelakis, " An analytical model for the prediction of distortions caused by the laser forming process ", Journal of Material Processing Technology, Vol. 104, pp. 94-102, 2000.
- [10] P.J. Cheng, S.C. Lin, " An analytical model to estimate angle formed by laser" , Journal of Material Processing Technology, Vol. 108, pp. 314-319, 2001.
- [11]. Xuyue Wang , Weixing Xu , et all , "Parameter prediction in laser bending of aluminum alloy sheet" , Front. Mech. Eng. Vol.3, 293-298, 2008.
- [12] P.J. Cheng, S.C. Lin, " Using neural networks to predict bending angle of sheet metal formed by laser ", Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 40, pp. 1185-1197, 2000.
- [13] Zemin Fu a, Jianhua Moa, Lin Chen b, Wei Chen, " Using genetic algorithm-back propagation neural network prediction and finite-element model simulation to optimize the process of multiple-step incremental air-bending forming of sheet metal ", Journal of Materials and Design, Vol. 31, pp. 267-277, 2010.
- [14] An.K. Kyrsanidi, Th.B. Kermanidis, Sp.G. Pantelakis, " An analytical model for the prediction of distortions caused by the laser forming process", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 104, pp. 94-102, 2000.

[15] Hagan. M.T., Demath. H.B., Beale. M., “Neural Network Design”, PWS Publications, pp. 167-189, 1996.