تحصیلات تکمیلی	باسمه تعالی **کاربرگ تصویب پیشنهادیه پایان‌نامه** **کارشناسی ارشد**	شناسه مدرک: **EP/B001** ویرایش: **2 (تابستان 1400)** شماره صفحات: **پیوست5 از 5**

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: محمد منصوری راوندی **شماره دانشجویی: 40040594** **رشته/ گرایش تحصیلی: مکانیک/طراحی کاربردی**

دانشکده /گروه مستقل: مهندسی مکانیک **پردیس / دانشکده مستقل: فنی/مکانیک** **سازمان حمایت کننده[1]:**

دوره: نوبت اول ☑ نوبت دوم □ پردیس آزادی □

نشانی :کاشان-راوند-خیابان شهید طحانی-کوچه شهید منصوری-کوچه مهدیه هشتم-جنب مسجد مهدیه-پلاک112 تلفن:03155513904

1- عنوان فارسی تحقیق : روش اجزاء محدود عمیق آموخته شده برای المان های 3 و 6 گرهی در فضای 2 بعدی

عنوان انگلیسی تحقیق : Deep learned finite elements method for 3- and 6-node elements in 2D space

نوع تحقیق :کاربردی☑ بنیادی□ توسعه‌ای□ **ماهیت تحقیق:** نظری☑ تجربی□ اولین نیمسال اخذ واحد پایان نامه..1402..-..1401...

تعداد واحد ....6....

- مشخصات پایان‌نامه و استاد(ان) راهنما:

مسئولیت	نام و نام خانوادگی	درصد مشارکت	آخرین مدرک تحصیلی	مرتبه علمی	بخش(گروه)/دانشکده (گروه مستقل)/ پردیس (دانشکده مستقل)
استاد راهنمای اول	علیرضا شفیعی	100	دکتری	دانش یار	مهندسی مکانیک/فنی و مهندسی/دانشگاه یزد
استاد راهنمای دوم					

نوع پایان‌نامه[5]: نوع 1 (برون دانشگاهی)□ نوع 2 (بورسیه)□ نوع 3 (درون دانشگاهی)□ نوع 4 (صمت)□ نوع 5 (دولتی) □ هیچکدام ☑

موضوع تحقیق، هم‌جهت با اولویت تحقیقاتی اول یا دوم استاد راهنما (اول) است: بلی☑ خیر□

تاریخ و امضاء استاد راهنمای اول: **تاریخ و امضاء استاد راهنمای دوم:**

- مشخصات استاد(ان) مشاور:

مسئولیت	نام و نام خانوادگی	درصد مشارکت	آخرین مدرک تحصیلی	مرتبه علمی	بخش(گروه)/دانشکده (گروه مستقل)/ پردیس (دانشکده مستقل)
استاد مشاور اول	محمد جعفری گلویک	100	دکتری	استادیار	مهندس مکانیک/فنی و مهندسی/دانشگاه یزد
استاد مشاور دوم					

تاریخ و امضاء استاد مشاور اول: **تاریخ و امضاء استاد مشاور دوم:**

این پیشنهادیه در شورای بخش[6]/گروه / پردیس آزادی ..... به تاریخ ..... و شماره ..... مورد بررسی و تصویب قرار گرفت.
ضمنا محتوای پیشنهادیه در سامانه همانندجو بارگذاری شده و گزارش آن پیوست شده است. (درصد همانندجویی: .....)
نام و امضاء رئیس بخش/ مدیرگروه / مشاور پردیس آزادی:

این پیشنهادیه در شورای گروه مستقل/ دانشکده (یا دانشکده مستقل) / پردیس آزادی ..... به تاریخ ..... و شماره .....
مورد بررسی و تصویب قرار □ گرفت □ نگرفت (لازم است دلائل عدم پذیرش به استاد راهنما اعلام گردد).
نام و امضاء مدیرگروه مستقل / معاون دانشکده (مستقل)/ رئیس پردیس آزادی:

نوع ثبت	شماره نامهٔ گواهی ثبت (یا کد رهگیری)	تاریخ نامهٔ گواهی ثبت
همانندجویی	**988811**	**1401/9/5**
ثبت نهایی در ایرانداک	**1757134**	**1401/9/12**

تحصیلات تکمیلی	باسمه تعالی **کاربرگ تصویب پیشنهادیه پایان‌نامه** **کارشناسی ارشد**	شناسه مدرک: **EP/B001** ویرایش: **2** (تابستان **1400**) شماره صفحات:پیوست**5** از **5**

2- شرح پایان‌نامه:

الف) تعریف موضوع :

واژه‌ی المان محدودِ عمیق آموخته شده[1] از دو بخش المان محدود و عمیق آموخته شده تشکیل شده است. روش المان محدود[2] که به اختصار FEM نامیده می‌شود، روشی عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل جزئی و نیز انتگرالی استفاده می‌شود. این روش در حل معادلات دیفرانسیل جزئی روی دامنه‌های پیچیده یا هنگامی که دامنه متغیر است، یا وقتی که دقت بالا در همه جای دامنه الزامی نیست یا اگر نتایج همبستگی و یکنواختی کافی را ندارند، بسیار مفید می‌باشد.

روش اجزا محدود نه تنها در تحلیل سازه‌ها (تیر، میله، خرپا و ...) کاربرد دارد بلکه تقریبا درتمام زمینه‌های مهندسی مانند تجزیه و تحلیل میدان‌های الکترومغناطیسی، جریان‌ها، انتقال ، حرارت و ... به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. FEM قدرتمندترین ابزار برای تحلیل سازه است. FEM در مراحل مختلفی از طراحی محصول تا ساخت استفاده می‌شود. با این وجود، چالش بهبود FEM هنوز در حال بررسی است و از موضوعات اصلی این پژوهش است.

یادگیری عمیق حوزه‌ای از یادگیری ماشین است که با استفاده از زبان‌های برنامه نویسی مثل پایتون به کامپیوترها این آموزش را می‌دهد تا فرآیند یادگیری را همانند انسان‌ها تجربه کنند. یادگیری ماشین یک حوزه بسیار گسترده است که تاریخچه شکل‌گیری آن به مدت‌ها قبل باز می‌گردد. در یادگیری ماشین، از دو مفهوم شبکه‌های عصبی (با الهام از ساختار مغز) و یادگیری عمیق استفاده می‌شود.

الگوریتم‌های یادگیری عمیق، دارای معماری ویژه‌ای با تعداد لایه‌های فراوان است که در یک شبکه جریان می‌یابند. اغلب مدل‌های یادگیری عمیق از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده می‌کنند به همین دلیل به این مدل‌ها، شبکه‌های عصبی عمیق هم گفته می‌شود. اصطلاح "عمیق" به تعداد لایه‌های مخفی در شبکه‌ی عصبی اشاره دارد. شبکه‌های عصبی می‌توانستند 2 یا 3 لایه داشته باشند اما امروزه شبکه‌های عصبی عمیق می‌توانند تا 150 لایه هم داشته باشند. مدل‌های یادگیری عمیق، نیاز به حجم بالایی از داده‌های نشانه‌گذاری شده و معماری شبکه‌های عصبی دارند. این مدل‌ها ویژگی‌ها را به صورت خودکار استخراج می‌کنند و نیازی به استخراج دستی ویژگی ندارند.یکی از مدل‌های رایج شبکه‌های عصبی عمیق، شبکه‌ی عصبی کانوولوشن یا پیچشی یا CNN خوانده می شود. یادگیری عمیق بخشی از یادگیری ماشین است که خود بخشی از هوش مصنوعی به حساب می‌آید یادگیری عمیق به شکل فزاینده‌ای در زمینه‌های مختلف مانند صنعت خودرو، پزشکی، مالی و حقوق به کار گرفته می‌شود.

در این تحقیق، نشان داده می‌شود که چگونه می‌توان از یادگیری عمیق برای تولید ماتریس سختی اجزاء محدود استفاده کرد. یک شبکه عصبی برای تولید ماتریس کرنش-جابجایی، که یک جزء کلیدی از ماتریس سختی است، مطابق با هندسه و خواص مواد به عنوان داده‌های ورودی ساخته می‌شود. برای یادگیری کارآمد، اطلاعات هندسی نرمال می‌شوند تا میزان داده‌های آموزشی کاهش یابند. با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده، یک شبکه عصبی را آموزش می‌دهیم که می‌تواند ماتریس‌های کرنش-جابجایی را در نقاط گاوس ایجاد کند. پیش‌پردازش[3] برای تولید ورودی شبکه آموزش دیده انجام می‌شود و پس‌پردازش[4] برای تولید ماتریس سختی از خروجی انجام می‌شود. یک روش اصلاحی نیز برای نمایش حرکات جسم صلب المان‌های محدود اعمال می‌شود. روش پیشنهادی برای توسعه المان‌های محدود 3 گره و 6 گره در فضای دوبعدی استفاده می‌شود که آن را "اجزاء محدودِ عمیق اموخته شده" می‌نامند. عملکرد اجزاء محدود یادگیری عمیق توسعه یافته از طریق مسائل عددی مختلف نشان داده شده است. این مطالعه نشان می‌دهد که المان‌های محدود را می‌توان با استفاده از یادگیری عمیق تولید کرد و اجزاء محدود عمیق آموخته شده می‌تواند از اجزاء محدود موجود بهتر عمل کنند.

ب) پیشینه تحقیق:

شبکه عصبی مصنوعی[5] که به اختصار ANN نامیده می‌شود سیستمی است که از مغز انسان الهام گرفته است و متشکل از نورون‌های مصنوعی متصل به هم می‌باشد و برای انجام وظایف بر مبنای داده‌های موجود بدون نیاز به قوانین خاصی استفاده می‌شود. پس از فعالیت‌های پیشگامی که مک کالک و پیتس [1] و روزنبلت [2] در رابطه با شبکه عصبی انجام دادند ، هینتن و هماکارانش [3 , 4] الگوریتم‌های پیشرفته‌ای را برای شبکه‌های عصبی توسعه دادند که امکان استفاده ما از یادگیری عمیق را فراهم ساخت.

1- Deep learned Finite Element
2- Finite Element Method
3- Pre-Prossesing
4- Past-Prossesing
5- Artifical Neural Network

از کاربردهای یادگیری عمیق می‌توان به استفاده در زمینه تحلیل‌های عددی و یا تلاش‌های صورت گرفته برای حل معادلات دیفرانسیل جزئی به کمک آنها نام برد [7-5]، همچنین از یادگیری عمیق به شکل موثری در محاسبات دینامیک سیالات استفاده می‌شود [10-8]. چندین پژوهشِ یادگیری عمیق که با اجزاء محدود مرتبط است صورت گرفته است. تاکؤچی و کوسوگی [11] به ما نشان دادند که فرمول بندی اجزاء محدود را می‌توان به شکل یک شبکه عصبی بیان کرد و همچنین از یادگیری عمیق برای ساخت مدل‌های جایگزین [13 , 12] و یا مدل‌های تشکیل دهنده برای تحلیل اجزاء محدود غیرخطی[6] [15 , 14] استفاده کرد. اویشی و یاگاوا [16] از یادگیری عمیق برای افزایش دقت انتگرال‌های عددی هنگام محاسبه ماتریس سختی اجزاء محدود استفاده کردند. سونگ لی [17] برای یک المان چهارگرهی مفهوم خود به روز شوندگی[7] را معرفی کرد که با استفاده از یک الگوریتم تکراری دقت حل مش را بالا می‌برد. همچنین روور–دسپرس و همکارانش [18] برای ساده‌سازی محاسبات شبیه سازی بیومکانیک بافت نرم[8] از یادگیری عمیقِ اجزاء محدود استفاده کردند.

ج) کلیدواژه‌ها:

فارسی (بر اساس حروف الفبای فارسی) :

اجزاء محدود – شبکه عصبی – عمیق آموخته شده - ماتریس سختی

انگلیسی (بر اساس حروف الفبای انگلیسی) :

Deep Learned - Finite Elements – Neural Network - Stiffness Matrix

د) فرضیه‌ها یا سوال‌های پژوهش:

استفاده از روش المان محدود عمیق آموخته شده تا چه حد در بهبود کارایی تولید ماتریس سختی نسبت به روش المان محدود اثر دارد؟

هـ) روش پژوهش (بجز پردیس علوم‌پایه):

و) مراحل اجرای پروژه و زمان بندی:

ردیف	مراحل پژوهش (نوع فعالیت و به ترتیب)	زمان مورد نیاز (ماه)
1	انجام مطالعات مقدماتی شامل مراجعه به کتابخانه، جستجوی اینترنتی، جمع‌آوری منابع و ...	5
2	طراحی و نوشتن برنامه	2
3	تجزیه و تحلیل، ارزیابی و پاسخ به فرضیه‌ها (سوالات)	3
4	نگارش و تدوین پایان‌نامه مطابق با آخرین قالب مصوب دانشگاه	2

[6]– Non-Linear Finite Element
[7]– Self-Updated
[8]– Soft-Tissue Biomechanics

ز) فهرست منابع و مآخذ :

[1] W.S. McCulloch, W. Pitts, A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, Bull. Math. Biophys. 5 (1943) 115–133

[2] F. Rosenblatt, The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain, Psychol. Rev. 65 (1958) 386

[3] G.E. Hinton, S. Osindero, Y.W. Teh, A fast learning algorithm for deep belief nets, Neural Comput. 18 (2006) 1527–1554.

[4] G.E. Hinton, D.E. Rumelhart, R.J. Williams, Learning representations by back-propagating errors, Nature 323 (1986) 533–536.

[5] J. Sirignano, K. Spiliopoulos, DGM: a deep learning algorithm for solving partial differential equations, J. Comput. Phys. 375 (2018) 1339–1364.

[6] M. Raissi, Deep hidden physics models: deep learning of nonlinear partial differential equations, J. Mach. Learn. Res. 19 (2018) 932–955.

[7] M. Raissi, P. Perdikaris, G.E. Karniadakis, Physics-informed neural networks: a deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations, J. Comput. Phys. 378 (2019) 686–707.

[8] X. Guo, W. Li, F. Iorio, Convolutional neural networks for steady flow approximation, in: Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2016, pp. 481–490

[9] Z.J. Zhang, K. Duraisamy, Machine learning methods for data-driven turbulence modeling, in: 22nd AIAA Computational Fluid Dynamics Conference, 2015, p. 2460.

[10] J. Ling, A. Kurzawski, J. Templeton, Reynolds averaged turbulence modelling using deep neural networks with embedded invariance, J. Fluid Mech. 807 (2016) 155–166

[11] J. Takeuchi, Y. Kosugi, Neural network representation of finite element method, Neural Netw. 7 (1994) 389–395.

[12] L. Liang, M. Liu, C. Martin, W. Sun, A deep learning approach to estimate stress distribution: a fast and accurate surrogate of finite-element analysis, J. R. Soc. Interface 15 (2018) 20170844.

[13] A. Chamekh, H.B.H. Salah, R. Hambli, Inverse technique identification of material parameters using finite element and neural network computation, Int. J. Adv. Manuf. Technol. 44 (2009) 173.

[14] Y.M. Hashash, S. Jung, J. Ghaboussi, Numerical implementation of a neural network based material model in finite element analysis, Internat. J. Numer. Methods Engrg. 59 (2004) 989–1005.

[15] D. Chen, D.I. Levin, S. Sueda, W. Matusik, Data-driven finite elements for geometry and material design, ACM Trans. Graph. 34 (2015) 74.

[16] A. Oishi, G. Yagawa, Computational mechanics enhanced by deep learning, Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 327 (2017) 327–351.

[17] Jung, J., Jun, H. & Lee, PS. Self-updated four-node finite element using deep learning. *Comput Mech* 69, 23–44 (2022).

[18] Roewer-Despres, F., Khan, N. and Stavness, I., 2018, March. Towards finite element simulation using deep learning. In *15th international symposium on computer methods in biomechanics and biomedical engineering* (p. 2018).

3- مواد، وسایل و دستگاه‌های مورد نیاز و منبع تأمین:

نام ماده یا دستگاه: محل تامـین:

4- تعهد نامه دانشجو:

اینجانب محمد منصوری راوندی متعهد می‌شوم که با توجه به مفاد این پیشنهادیه به طور تمام وقت، زیر نظر استادان راهنما و مشاور اقدام به انجام پژوهش در راستای پیشنهادیه تصویب شده خواهم کرد. در ضمن با مطالعه «**منشور و موازین اخلاق پژوهش**» و «**تعهد رعایت حقوق معنوی دانشگاه یزد**» و اطلاع از این‌که کلیه حقوق مادی مترتب برنتایج پژوهش این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه یزد بوده و انتشار نتایج تابع مقررات دانشگاهی است که صرفا پس از موافقت و تایید استاد(ان) راهنما قابل انجام است، متعهد می‌گردم که اصول اخلاق علمی در انتخاب موضوع و نگارش این گزارش رعایت شده و در طول پژوهش و تدوین از انتشار نتایج/گزارش ها/ مقالات بعدی نیز رعایت شود. ضمنا شرط فارغ‌التحصیلی اینجانب پایبندی شرعی و قانونی به رعایت منشور و حقوق معنوی مذکور است و باید تعهدنامه امضا شده را همراه نسخه نهائی پایان‌نامه تحویل نمایم.

تاریخ و امضاء دانشجو: