



ICAICS

<https://icaics.ir>

info@icaics.ir

اولین کنفرانس بین المللی هوش مصنوعی و علوم کامپیوتری نوظهور: از الگوریتم تا آینده نگری

First International Conference on Artificial Intelligence
and Emerging Computer Science: From Algorithm to Foresight

March 17, 2026-GEORGIA

۲۶ اسفند ماه ۱۴۰۴ - کرجستان

بهینه سازی تطبیقی هایپرپارامترهای عامل یادگیری عمیق با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبود یافته

محمد حسینی فرد

استاد دانشکده مهندسی و مدیریت، دانشگاه پیام نور، مدیر پرداخت الکترونیک بانک پاسارگاد، بوشهر، ایران

M.hosseinifard@pep.co.ir

صدیقه حاجبانی

دانشجوی کارشناسی مهندسی کامپیوتر دانشگاه پیام نور بوشهر، بوشهر، ایران

Sedighehajiani99@gmail.com

شقایق مقدم

دانشجوی کارشناسی مهندسی کامپیوتر دانشگاه پیام نور بوشهر، بوشهر، ایران

Shaghayeghmoghadam82@gmail.com

چکیده

بهینه سازی هایپرپارامترها یکی از چالش های اساسی در توسعه مدل های یادگیری عمیق است، زیرا انتخاب نامناسب آنها می تواند منجر به کاهش دقت پیش بینی، افزایش زمان آموزش و تحمیل هزینه های محاسباتی بالا شود. روش های سنتی تنظیم هایپرپارامترها در مواجهه با فضای جستجوی بزرگ و غیرخطی شبکه های عصبی عمیق با محدودیت های جدی مواجه اند. در سال های اخیر، الگوریتم های تکاملی چندهدفه به عنوان رویکردی کارآمد برای بهینه سازی همزمان چند معیار عملکردی معرفی شده اند، اما بسیاری از این روش ها همچنان با مشکلاتی نظیر همگرایی زود هنگام و کاهش تنوع جمعیت مواجه هستند. در این پژوهش، یک الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبود یافته با مکانیزم های تطبیقی انتخاب و باز ترکیب برای بهینه سازی همزمان هایپرپارامترهای شبکه های عصبی عمیق ارائه می شود. روش پیشنهادی به گونه ای طراحی شده است که دو هدف متعارض شامل حداکثر سازی دقت پیش بینی و حداقل سازی پیچیدگی محاسباتی و زمان آموزش را به صورت همزمان بهینه کند. کارایی الگوریتم پیشنهادی بر روی شبکه های عصبی کانولوشنی و بازگشتی و با استفاده از مجموعه داده های معیار ارزیابی شده است. نتایج تجربی نشان می دهد که روش ارائه شده منجر به افزایش دقت مدل ها و کاهش قابل توجه زمان آموزش شده و قادر به تولید مجموعه ای متنوع از جواب های بهینه پارتو با تعادل مناسب بین اهداف متعارض است. این نتایج بیانگر آن است که الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبود یافته می تواند به عنوان یک چارچوب مؤثر و کاربردی برای بهینه سازی هایپرپارامترهای شبکه های عصبی عمیق مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: بهینه سازی هایپرپارامترها، الگوریتم ژنتیک چندهدفه، یادگیری عمیق، بهینه سازی پارتو، NSGA-II



ICAICS

<https://icaics.ir>

info@icaics.ir

اولین کنفرانس بین‌المللی هوش مصنوعی و علوم کامپیوتری نو ظهور: از الگوریتم تا آینده‌نگری

First International Conference on Artificial Intelligence
and Emerging Computer Science: From Algorithm to Foresight

March 17, 2026-GEORGIA

۲۶ اسفند ماه ۱۴۰۴ - کرjestan

مقدمه

بیان مسئله

مدل‌های یادگیری عمیق در سال‌های اخیر نقش کلیدی در حل مسائل پیچیده‌ای نظیر شناسایی تصویر، پردازش زبان طبیعی و تحلیل داده‌های ترتیبی ایفا کرده‌اند. با وجود این موفقیت‌ها، عملکرد این مدل‌ها به شدت به انتخاب صحیح هایپرپارامترها وابسته است. هایپرپارامترهایی نظیر نرخ یادگیری، تعداد لایه‌ها، تعداد نورون‌ها در هر لایه، اندازه دسته داده‌ها و نوع الگوریتم بهینه‌ساز، تأثیر مستقیمی بر دقت پیش‌بینی، پایداری آموزش و هزینه محاسباتی مدل دارند. انتخاب نامناسب این پارامترها می‌تواند منجر به همگرایی ضعیف، بیش‌برازش یا افزایش زمان آموزش شود. مسئله اصلی این پژوهش، ارائه روشی کارآمد برای بهینه‌سازی تطبیقی هایپرپارامترهای شبکه‌های عصبی عمیق در فضایی با ابعاد بالا و اهداف متعارض است؛ مسئله‌ای که همچنان به‌عنوان یکی از چالش‌های باز در یادگیری عمیق مطرح می‌شود.

اهمیت موضوع

بهینه‌سازی هایپرپارامترها یک گام حیاتی در طراحی مدل‌های یادگیری عمیق با کارایی بالا محسوب می‌شود. در کاربردهای عملی، به‌ویژه در سیستم‌های بلادرنگ و محیط‌های محدود از نظر منابع محاسباتی، دستیابی به تعادل مناسب بین دقت مدل و هزینه محاسباتی اهمیت ویژه‌ای دارد. رویکردهای چندهدفه این امکان را فراهم می‌کنند که به‌جای تمرکز بر یک معیار منفرد، چندین هدف متعارض به‌صورت همزمان در فرآیند بهینه‌سازی لحاظ شوند. این ویژگی باعث افزایش کاربردپذیری مدل‌های یادگیری عمیق در حوزه‌هایی نظیر مهندسی، تصویربرداری پزشکی و تحلیل داده‌های بزرگ می‌شود.

ادبیات و پیشینه پژوهش

روش‌های متعددی برای بهینه‌سازی هایپرپارامترها در ادبیات مطرح شده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به جستجوی شبکه‌ای، جستجوی تصادفی و بهینه‌سازی بیزی اشاره کرد. با این حال، این روش‌ها در مواجهه با فضای جستجوی بزرگ و پیچیده شبکه‌های عصبی عمیق با مشکلات مقیاس‌پذیری مواجه هستند. در این راستا، الگوریتم‌های تکاملی و به‌ویژه الگوریتم‌های ژنتیک چندهدفه، به‌عنوان راهکاری مؤثر برای کاوش فضای جستجوی بزرگ معرفی شده‌اند. الگوریتم NSGA-II به‌عنوان یکی از روش‌های شاخص در بهینه‌سازی چندهدفه، در مطالعات متعددی برای تنظیم هایپرپارامترهای شبکه‌های عصبی مورد استفاده قرار گرفته است (Deb et al., ۲۰۰۲). پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که استفاده از رویکردهای چندهدفه می‌تواند منجر به بهبود همزمان دقت و کاهش هزینه محاسباتی شود (Zhang et al., ۲۰۲۲; Li et al., ۲۰۲۳).



ICAICS

<https://icaics.ir>

info@icaics.ir

اولین کنفرانس بین‌المللی هوش مصنوعی و علوم کامپیوتری نوظهور: از الگوریتم تا آینده‌نگری

First International Conference on Artificial Intelligence
and Emerging Computer Science: From Algorithm to Foresight

March 17, 2026-GEORGIA

۲۶ اسفند ماه ۱۴۰۴ - کرجستان

با این وجود، مرورهای جامع انجام‌شده در این حوزه نشان می‌دهند که بسیاری از الگوریتم‌های موجود با مشکل کاهش تنوع جمعیت و همگرایی زود هنگام مواجه‌اند و نیاز به مکانیزم‌های تطبیقی برای بهبود فرآیند جستجو همچنان احساس می‌شود. (Tan et al., ۲۰۲۳) این شکاف پژوهشی، ضرورت توسعه الگوریتم‌های ژنتیک چندهدفه بهبودیافته را برجسته می‌سازد.

اهداف و فرضیه‌های پژوهش

هدف اصلی این پژوهش، توسعه و ارزیابی یک الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبودیافته برای بهینه‌سازی تطبیقی هایپرپارامترهای شبکه‌های عصبی عمیق است. اهداف فرعی پژوهش شامل:

بهینه‌سازی همزمان دقت پیش‌بینی و هزینه محاسباتی مدل‌های یادگیری عمیق؛

طراحی مکانیزم‌های تطبیقی انتخاب و باز ترکیب برای حفظ تنوع جمعیت؛

ارزیابی تجربی روش پیشنهادی بر روی شبکه‌های عصبی کانولوشنی و بازگشتی.

فرضیه اصلی پژوهش آن است که الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبودیافته، عملکرد بهتری نسبت به روش‌های متداول بهینه‌سازی هایپرپارامترها از نظر دقت مدل و بهره‌وری محاسباتی ارائه می‌دهد و قادر است مجموعه‌ای پایدار از جواب‌های بهینه پارتو تولید کند.

روش تحقیق

نوع و ماهیت پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش اجرا، تجربی-توسعه‌ای است که با استفاده از شبیه‌سازی و مدل‌سازی محاسباتی انجام شده است. تمرکز اصلی پژوهش بر طراحی و ارزیابی یک الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبودیافته برای بهینه‌سازی تطبیقی هایپرپارامترهای شبکه‌های عصبی عمیق است. رویکرد پژوهش کمی بوده و عملکرد الگوریتم پیشنهادی بر اساس معیارهای عددی و تحلیل‌های مقایسه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. این چارچوب با رویکردهای مطرح‌شده در مطالعات چندهدفه بهینه‌سازی هایپرپارامترها هم‌راستا است. (Tan et al., ۲۰۲۳)



ICAICS

<https://icaics.ir>

info@icaics.ir

اولین کنفرانس بین‌المللی هوش مصنوعی و علوم کامپیوتری نو ظهور: از الگوریتم تا آینده‌نگری

First International Conference on Artificial Intelligence
and Emerging Computer Science: From Algorithm to Foresight

March 17, 2026-GEORGIA

۲۶ اسفند ماه ۱۴۰۴ - گرجستان

جامعه آماری پژوهش

جامعه آماری این پژوهش شامل مدل‌های یادگیری عمیق و مجموعه داده‌های معیار مورد استفاده برای ارزیابی این مدل‌ها است. این جامعه به گونه‌ای انتخاب شده است که نماینده مسائل رایج در حوزه یادگیری عمیق باشد و امکان تعمیم‌پذیری نتایج پژوهش را فراهم کند. در این راستا، دو دسته از معماری‌های پرکاربرد شامل شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN) و شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) به عنوان عامل‌های یادگیری عمیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند. انتخاب این معماری‌ها مبتنی بر کاربرد گسترده آن‌ها در مسائل پردازش تصویر و تحلیل داده‌های ترتیبی و نیز استفاده وسیع در مطالعات بهینه‌سازی چندهدفه هایپرپارامترها است. (Zhang et al., ۲۰۲۲; Li et al., ۲۰۲۳)

نمونه و روش نمونه‌گیری

نمونه‌های پژوهش شامل چند معماری منتخب از شبکه‌های عصبی عمیق هستند که برای هر یک، مجموعه‌ای از هایپرپارامترهای کلیدی جهت بهینه‌سازی در نظر گرفته شده است. این هایپرپارامترها شامل نرخ یادگیری، تعداد لایه‌های پنهان، تعداد نورون‌ها در هر لایه، اندازه دسته داده‌ها (Batch Size) و نوع الگوریتم بهینه‌ساز می‌باشند. روش نمونه‌گیری به صورت هدفمند انجام شده است؛ به طوری که معماری‌ها و مجموعه داده‌ها بر اساس میزان کاربرد در پژوهش‌های پیشین و استفاده گسترده در ادبیات موضوع انتخاب شده‌اند. برای افزایش اعتبار نتایج و کاهش اثر نوسانات تصادفی، هر آزمایش چندین بار اجرا شده و میانگین نتایج به عنوان خروجی نهایی گزارش شده است؛ رویکردی که در مطالعات تکاملی چندهدفه نیز توصیه شده است. (Deb et al., ۲۰۰۲)

ابزارهای پژوهش

ابزار اصلی پژوهش، الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبودیافته است که برای بهینه‌سازی همزمان چند معیار عملکردی طراحی شده است. در این الگوریتم، هر کروموزوم نمایانگر یک پیکربندی کامل از هایپرپارامترهای شبکه عصبی بوده و ساختار آن متناسب با نوع مدل CNN یا RNN تعریف می‌شود. تابع برازندگی به صورت چندهدفه طراحی شده و شامل معیارهای دقت پیش‌بینی مدل و هزینه محاسباتی (شامل زمان آموزش و پیچیدگی مدل) است. فرآیند تکاملی الگوریتم شامل تولید جمعیت اولیه، ارزیابی برازندگی، انتخاب والدین بر اساس مفهوم غلبه پارتو، اعمال عملگرهای باز ترکیب و جهش و در نهایت به‌روزرسانی جمعیت می‌باشد. نوآوری اصلی ابزار پژوهش، استفاده از مکانیزم‌های تطبیقی انتخاب و باز ترکیب است که پارامترهای الگوریتم ژنتیک را بر اساس وضعیت تنوع جمعیت و توزیع جواب‌های پارتو تنظیم می‌کند. این رویکرد، که در راستای توسعه نسخه‌های اصلاح شده NSGA-II قرار دارد، موجب حفظ تنوع جمعیت و کاهش احتمال همگرایی زود هنگام می‌شود (Deb et al., ۲۰۰۲; Zhang et al., ۲۰۲۲).

روایی و پایایی ابزار پژوهش

روایی ابزار پژوهش از طریق مقایسه نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی با رویکردهای متداول بهینه‌سازی هایپرپارامترها و بررسی هم‌خوانی نتایج با یافته‌های گزارش شده در ادبیات موضوع ارزیابی شده است. مشاهده بهبود همزمان دقت پیش‌بینی و



ICAICS

<https://icaics.ir>

info@icaics.ir

اولین کنفرانس بین‌المللی هوش مصنوعی و علوم کامپیوتری نو ظهور: از الگوریتم تا آینده‌نگری

First International Conference on Artificial Intelligence
and Emerging Computer Science: From Algorithm to Foresight

March 17, 2026-GEORGIA

۲۶ اسفند ماه ۱۴۰۴ - کرجستان

کاهش هزینه محاسباتی، به‌عنوان شواهدی از روایی مناسب ابزار پژوهش در نظر گرفته شده است؛ رویکردی که در مطالعات مشابه نیز مورد استفاده قرار گرفته است. (Li et al., ۲۰۲۳)

پایایی نتایج نیز از طریق اجرای مکرر آزمایش‌ها و بررسی ثبات خروجی‌ها در اجراهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. کاهش نوسان نتایج و تکرارپذیری الگوی بهبود عملکرد در اجراهای مستقل، بیانگر پایایی مناسب الگوریتم پیشنهادی است (Tan et al., ۲۰۲۳).

روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌صورت کمی و مقایسه‌ای انجام شده است. عملکرد الگوریتم پیشنهادی با استفاده از معیارهایی نظیر دقت پیش‌بینی، مقدار خطا، زمان آموزش و تحلیل مجموعه جواب‌های بهینه پارتو مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج به‌دست‌آمده در قالب جداول و نمودارهای مقایسه‌ای ارائه شده و تفاوت عملکرد مدل‌ها قبل و بعد از بهینه‌سازی هایپرپارامترها تحلیل شده است. همچنین، تحلیل چندهدفه نتایج امکان بررسی تعادل بین اهداف متعارض و ارزیابی اثربخشی الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبودیافته را فراهم کرده است؛ رویکردی که در مطالعات چندهدفه اخیر به‌عنوان معیار اصلی ارزیابی مطرح شده است. (Zhang et al., ۲۰۲۲)

یافته‌ها

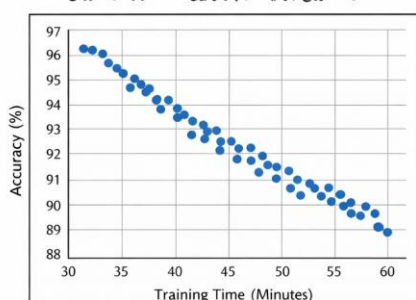
در این بخش، نتایج حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبودیافته برای بهینه‌سازی هایپرپارامترهای شبکه‌های عصبی عمیق گزارش می‌شود. هدف اصلی این بخش ارائه نتایج به‌دست‌آمده در قالب جداول و نمودارهای مقایسه‌ای است که دقت، زمان آموزش و پیچیدگی محاسباتی مدل‌ها را قبل و بعد از بهینه‌سازی هایپرپارامترها نشان می‌دهند. همچنین، تحلیل چندهدفه‌ای به‌منظور ارزیابی تعادل بین اهداف متعارض (دقت و هزینه محاسباتی) ارائه خواهد شد.

مدل یادگیری عمیق	دقت قبل (%)	دقت بعد (%)	زمان آموزش قبل (دقیقه)	زمان آموزش بعد (دقیقه)
CNN	۹۱.۲	۹۵.۶	۴۸	۳۶
RNN	۸۸.۷	۹۳.۱	۵۲	۳۹

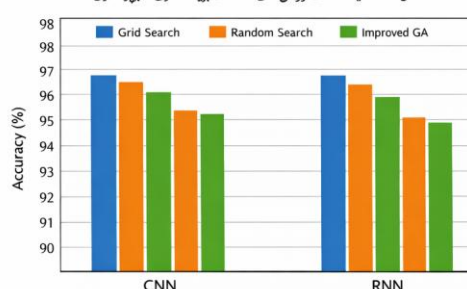
جدول 1. مقایسه عملکرد مدل‌های یادگیری عمیق قبل و بعد بهینه‌سازی هایپرپارامترها

مدل یادگیری عمیق	زمان آموزش قبل (دقیقه)	دقت از بهینه‌سازی (%)	دقت نیاز بهینه‌سازی (%)	مدل یادگیری عمیق
CNN	48	95.6	91.2	
RNN	52	93.1	88.7	

شکل 1. توزیع جواب‌های پارتو بین دقت و زمان آموزش



شکل 2. مقایسه دقت روش‌های مختلف بهینه‌سازی هایپرپارامترها



بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبودیافته پیشنهادی، عملکرد مؤثری در بهینه‌سازی تطبیقی هایپرپارامترهای شبکه‌های عصبی عمیق دارد و قادر است به‌طور همزمان دقت پیش‌بینی مدل‌ها را افزایش داده و زمان آموزش و پیچیدگی محاسباتی آن‌ها را کاهش دهد. این نتایج با پژوهش‌های پیشین در حوزه بهینه‌سازی چندهدفه هایپرپارامترها هم‌راستا است؛ به‌گونه‌ای که مطالعاتی نظیر Deb و همکاران (۲۰۰۲)، Zhang و همکاران (۲۰۲۲) و Tan و همکاران (۲۰۲۳) نیز بر کارایی الگوریتم‌های ژنتیک چندهدفه در مدیریت اهداف متعارض مانند دقت و هزینه محاسباتی تأکید داشته‌اند. با این حال، در مقایسه با برخی پژوهش‌ها که از نسخه‌های استاندارد NSGA-II یا اپراتورهای ژنتیکی ثابت استفاده کرده‌اند، الگوریتم پیشنهادی این پژوهش با بهره‌گیری از مکانیزم‌های انتخاب و باز ترکیب تطبیقی توانسته است تنوع جمعیت را در طول فرآیند تکامل حفظ کرده و از همگرایی زودهنگام جلوگیری کند. تحلیل مجموعه جواب‌های پارتو نیز نشان داد که روش پیشنهادی مجموعه‌ای متنوع‌تر از راه‌حل‌های بهینه را ارائه می‌دهد که تعادل مناسبی بین دقت مدل و هزینه محاسباتی برقرار می‌کنند و این ویژگی برتری آن را نسبت به روش‌های سنتی و برخی رویکردهای چندهدفه موجود نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم ژنتیک چندهدفه بهبودیافته ارائه‌شده، یک چارچوب کارآمد و کاربردی برای بهینه‌سازی هایپرپارامترهای شبکه‌های عصبی عمیق فراهم می‌کند و قابلیت استفاده در مسائل واقعی با محدودیت‌های محاسباتی را دارد. در راستای توسعه این پژوهش، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده عملکرد الگوریتم پیشنهادی بر روی معماری‌های پیچیده‌تر یادگیری عمیق مانند شبکه‌های مبتنی بر ترنسفورمر و شبکه‌های عصبی گراف و همچنین مجموعه داده‌های بزرگ‌تر مورد ارزیابی قرار گیرد. علاوه بر این، مقایسه این روش با سایر الگوریتم‌های تکاملی



ICAICS

<https://icaics.ir>

info@icaics.ir

اولین کنفرانس بین‌المللی هوش مصنوعی و علوم کامپیوتری نوظهور: از الگوریتم تا آینده‌نگری

**First International Conference on Artificial Intelligence
and Emerging Computer Science: From Algorithm to Foresight**

March 17, 2026-GEORGIA

۲۶ اسفند ماه ۱۴۰۴ - گرجستان

چند هدفه و ترکیب آن با رویکردهایی نظیر یادگیری تقویتی یا چارچوب‌های AutoML می‌تواند به بهبود بیشتر فرآیند بهینه‌سازی هایپرپارامترها و افزایش قابلیت تعمیم‌پذیری روش پیشنهادی منجر شود.

منابع

Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2), 182–197.

Li, Y., Wang, H., Zhang, Q., & Jin, Y. (2023). A survey on multi-objective hyperparameter optimization algorithms for machine learning. *Machine Learning*, 112, 1–45.

Rahman, M. M., & Islam, M. Z. (2024). Ensemble genetic and CNN model-based image classification by enhancing hyperparameter tuning. *Scientific Reports*, 14, 11234.

Sharma, A., Gupta, D., & Kaur, P. (2021). Metaheuristic-based hyperparameter tuning for recurrent deep learning: LSTM case study. *Applied Sciences*, 11(18), 8523.

Tan, Y., Sun, Y., & Liu, X. (2023). Multi-objective hyperparameter optimization in the age of deep learning. *Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR)*.

Zhang, T., Chen, J., & Wang, L. (2022). Multi-objective hyperparameter optimization for CNNs using modified NSGA-II. *Neural Computing and Applications*, 34(18), 15473–15488.