



با حمایت صندوق نوآوری و شکوفایی  
و به سفارش یک شرکت دانش بنیان منتشر می‌شود:

# توسعه سامانه تشخیص خودکار مدولاسیون و کدینگ در سامانه‌های شنود بر مبنای هوش مصنوعی



مهلت ارسال پروپوزال‌ها:  
۱۴۰۰/۰۴/۱۹

در سراسر جهان مسائل مرتبط با حوزه امنیت همواره حائز اهمیت و نیازمند فناوری‌های به‌روز و سطح بالا است. امروزه با پیشرفت ادوات جنگی، فناوری‌های مرتبط با جنگ الکترونیک بیش‌ازپیش اهمیت یافته‌اند. یکی از فناوری‌های مهم مورد استفاده در جنگ‌های الکترونیکی، سامانه‌های پایش طیف یا تجهیزات شنود است. این سامانه سیگنال‌های مخابراتی و ماهواره‌ای را رصد می‌کند و اپراتور را از وجود خطر مطلع می‌سازد. دو فرآیند اصلی در این سامانه‌ها، تشخیص مدولاسیون و کدینگ سیگنال‌های دریافتی است. در حال حاضر دو فرآیند مذکور به‌صورت کلاسیک صورت می‌گیرد که مشکلاتی به همراه دارد؛ بنابراین در این پروژه تحقیقاتی انتظار می‌رود که مجری تحقیق در ابتدا به تشخیص خودکار مدولاسیون با استفاده از فناوری هوش مصنوعی بپردازد و در ادامه تشخیص خودکار کدینگ بر مبنای هوش مصنوعی را در دستور کار قرار دهد.

شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی و سازمانی مجاز است.



پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد انتخاب و به عنوان مجری به شرکت دانش بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.



## بسمه تعالی

صندوق نوآوری و شکوفایی به منظور تقویت توان توسعه فناوری شرکت‌های دانش‌بنیان با رویکرد نوآوری باز و همکاری فناورانه، خدمت جدیدی را طراحی و عرضه کرده است که در قالب آن، نیازهای تحقیقاتی و فناورانه شرکت‌های دانش‌بنیان و متعاقباً، گروه‌های پژوهشی و فناور توانمند برای اجرای طرح‌های تحقیقاتی و توسعه فناوری‌های مورد نیاز این شرکت‌ها را شناسایی می‌نماید.

آنچه پیش رو دارید، نیاز تحقیقاتی/فناورانه یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان متقاضی است که توسط صندوق نوآوری و شکوفایی شناسایی و در قالب فراخوان منتشر شده است. لطفاً به موارد زیر توجه فرمائید:

- ۱) شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی یا سازمانی مجاز است. همه پژوهشگران، دانشجویان، دانش‌آموختگان و اعضای هیئت‌علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور و سایر علاقمندان می‌توانند با تدوین و ارسال پروپوزال در این فراخوان شرکت کنند.
- ۲) پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب تدوین‌شده صندوق نوآوری و شکوفایی و حداکثر تا تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۱۹ در قالب Word در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir/grant> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.
- ۳) پس از اتمام مهلت ارسال پروپوزال‌ها، فرایند ارزیابی آن‌ها توسط صندوق نوآوری و شکوفایی آغاز خواهد شد. پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد، انتخاب و به‌عنوان «مجری» برای مذاکرات تکمیلی به شرکت دانش‌بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.
- ۴) در صورت توافق پروپوزال‌دهنده منتخب (مجری تحقیق) و شرکت دانش‌بنیان (متقاضی تحقیق)، قرارداد ۳جانبه‌ای مابین «صندوق»، «متقاضی» و «مجری» منعقد خواهد شد. در قالب این قرارداد، صندوق نوآوری تا ۷۰ درصد هزینه اجرای طرح تحقیقاتی را به شکل بلاعوض به متقاضی خواهد پرداخت تا به‌طور مرحله‌ای و متناسب با پیشرفت اجرای طرح، در اختیار مجری قرار گیرد.
- ۵) گرچه در این فراخوان، گام‌های کلی برای اجرای تحقیق مورد نظر پیش‌بینی و معرفی شده است، اما پیشنهاددهندگان می‌توانند از هر روش یا فناوری دلخواه و در قالب یک برنامه تحقیقاتی متفاوت برای حل این مسئله تحقیقاتی و دستیابی به اهداف آن استفاده کنند.
- ۶) تدوین و ارسال پروپوزال در قالب این فراخوان، به‌منزله بهره‌مندی از حمایت‌های صندوق نوآوری و شکوفایی نخواهد بود و برای فرستنده حقی ایجاد نمی‌کند. صندوق نوآوری و شکوفایی خود را ملزم به رعایت محرمانگی دانسته و مفاد کلیه طرح‌های ارسالی محرمانه نزد صندوق باقی خواهد ماند.
- ۷) هرگونه سؤال یا ابهام در خصوص این فرایند را با شرکت بومرنگ به‌عنوان کارگزار صندوق در میان بگذارید (شماره تماس: ۸۸۳۹۸۵۴۳ و ۸۸۳۹۸۵۶۳-۰۲۱)

## درباره شرکت دانش‌بنیان متقاضی

این فراخوان به سفارش یک شرکت دانش‌بنیان نوپای نوع ۱ تدوین شده است. این شرکت در سال ۱۳۹۵ با هدف طراحی و پیاده‌سازی انواع سیستم‌ها و سامانه‌های مخابراتی، تحلیل سیگنال و همچنین تسریع الگوریتم‌های پردازشی شروع به فعالیت کرد و در سال ۱۳۹۹ موفق به اخذ مجوز دانش‌بنیان خود شد. از جمله محصولات این شرکت مولد سیگنال‌های مخابراتی دلخواه، مولد سیگنال‌های راداری، گیرنده سیگنال حامل-زیرحامل و سامانه‌های پایش طیف است.

مدیران این شرکت با برخورداری از تجربه و سابقه علمی در زمینه مهندسی برق موفق به طراحی و ساخت سامانه‌های پایش طیف شده‌اند و اینک به دنبال توسعه فناوری‌های مرتبط با این محصول در قالب همکاری با پژوهشگران و فناوران علاقه‌مند هستند.

## ضرورت مسئله

تجهیزات ارتباطی و مخابراتی در تمام وجوه زندگی انسان امروزی نظیر آموزش، درمان، حمل‌ونقل و امور نظامی از اهمیت بسزایی برخوردار است. تجهیزات ارتباطی از مهم‌ترین سامانه‌های پایش میدان نبرد در جنگ‌های الکترونیک هستند. با توجه به توسعه سیستم‌های مخابرات بی‌سیم، نیاز به رصد سیگنال‌های بی‌سیم بیش‌ازپیش موردتوجه ارگان‌های مختلف قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین نیازمندی‌های موجود در این زمینه، استخراج پارامترهای سیگنال‌های بی‌سیم همانند پهنای باند سیگنال، فرکانس مرکزی سیگنال و نوع مدولاسیون آن در سامانه‌های شنود می‌باشد. علاوه بر استخراج پارامترهای فوق‌الذکر، استخراج پارامترهای کدینگ لینک‌های مخابراتی نیز موردنیاز می‌باشد که به این فرآیندها دمدولاسیون و دی‌کدینگ گفته می‌شود.

هم‌اکنون فرآیند دمدولاسیون و دی‌کدینگ در سامانه‌های شنود به روش کلاسیک و با تخصص اپراتورها انجام می‌گیرد که با مشکلاتی همراه است، بنابراین با توجه به اهمیت این سامانه‌ها، نیاز به روش‌های با دقت بالا احساس می‌شود. هدف اصلی این پروژه طراحی و پیاده‌سازی فرآیندهای تشخیص خودکار نوع مدولاسیون و کدینگ با استفاده از هوش مصنوعی می‌باشد.

## مسئله اصلی تحقیق (نیاز تحقیقاتی):

مسئله این تحقیق عبارت است از  
«توسعه سامانه تشخیص  
خودکار مدولاسیون و  
کدینگ در سامانه‌های شنود  
بر مبنای هوش مصنوعی»

### مشروح مسئله تحقیقاتی

در سامانه‌های شنود مخابراتی نیاز است تا سیگنال‌های دریافتی در سامانه‌های پایش، پس از دریافت، رصد و آشکارسازی شوند. برای این منظور، باید باندهای حاوی اطلاعات شناسایی و پس از دستیابی به کدینگ و مدولاسیون مورد استفاده در فرستنده، داده اصلی و معنادار بازیابی شوند. در نتیجه تشخیص خودکار مدولاسیون<sup>۱</sup> (AMR) و کدینگ سیگنال<sup>۲</sup> (ACR) یکی از وظایف اصلی این سامانه‌ها محسوب می‌شود.

در یک کانال مخابراتی، همواره عوامل متعددی مانند انواع نویز، موجب تغییر داده ارسالی می‌شود و داده دریافت شده توسط گیرنده نسبت به داده ارسال شده دارای خطا خواهد بود. در سیستم‌های مخابراتی، برای جلوگیری از ایجاد خطا در پیام ارسالی، قبل از مدوله کردن پیام، تغییراتی در آن می‌دهند و اطلاعاتی به آن اضافه می‌کنند تا در سمت گیرنده بتوان خطاها را شناسایی و آن‌ها را اصلاح نمود. به این ترتیب، داده صحیح بازیابی می‌گردد. این فرآیند کدینگ کانال نام دارند.

در سامانه‌های پایش نیاز است تا ابتدا پارامترهای سیگنال دریافتی شناسایی و سپس فرایند دمدولاسیون و آشکارسازی انجام گیرد. در این مرحله پس از تشخیص فرکانس حامل و پهنای باند، اطلاعات به صورت بیت استخراج می‌گردند. معمولاً این بیت‌ها حاوی اطلاعات مفیدی نیستند و شامل خطا نیز می‌باشند. به منظور دریافت صحیح اطلاعات، باید کدهای اعمال شده از سوی فرستنده بر سیگنال شناسایی گردد که اصطلاحاً به آن دی کدینگ گفته می‌شود. در شکل ۱، فرآیندهای تشریح شده در بخش فرستنده و گیرنده نشان داده شده است.



شکل ۱: فرآیند ارسال و دریافت اطلاعات در سامانه‌های مخابراتی.

<sup>۱</sup> Automatic modulation recognition

<sup>۲</sup> Automatic coding recognition

به‌طور کلی روش‌های کلاسیک که برای حل مسئله AMR و ACR مورد استفاده قرار گرفته‌اند را می‌توان به دو دسته Likelihood based و Feature based تقسیم نمود. با استفاده از الگوریتم Likelihood based و AMR و ACR در واقع به مسئله امتحان کردن فرضیه‌های مختلف برای تشخیص مدولاسیون تبدیل می‌شود. ایده این روش استفاده از تابع چگالی احتمال سیگنال مشاهده شده است. برای محاسبه احتمال متعلق بودن نمونه سیگنال مشاهده شده به مدل‌های مختلف از Likelihood استفاده می‌شود. در الگوریتم Feature based ابتدا ویژگی‌هایی استخراج می‌شوند که می‌توانند سیگنال‌ها با مدولاسیون متفاوت را تفکیک کنند. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین (از جمله درخت تصمیم) و داده‌های آموزشی، مدل مناسبی برای تصمیم‌گیری بر مبنای این ویژگی‌ها به دست می‌آید. با توجه به مشخص نبودن پارامترهای سیگنال دریافت شده از جمله SNR (نسبت سیگنال به نویز) و تغییر پارامترهای کانال، ارائه مدلی که بتواند برای شرایط مختلف نوع مدولاسیون را به درستی پیش‌بینی کند بسیار مشکل است. گسترش روزافزون الگوریتم‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی و عملکرد قابل قبول آن‌ها در مسائل بینایی ماشین، نظر طراحان مخابرات بی‌سیم را به استفاده از این الگوریتم‌ها در پردازش سیگنال جلب کرده است. از این رو به نظر می‌رسد با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق می‌توان مدلی ارائه نمود که با عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های ارائه شده قادر به تشخیص نوع مدولاسیون سیگنال برای شرایط مختلف کانال باشد.

به همین ترتیب هدف این پروژه، پیاده‌سازی بهینه‌ی الگوریتم‌های تشخیص خودکار مدولاسیون و کدینگ کانال بر روی پردازنده Embedded GPU به صورت بلادرنگ و مبتنی بر هوش مصنوعی می‌باشد. در گام اول پروژه انتظار می‌رود که مجری تحقیق بتواند تشخیص خودکار مدولاسیون دیجیتال را بر اساس هوش مصنوعی در سامانه‌های شنود پیاده‌سازی کند و سپس به بخش تشخیص خودکار کدینگ بر مبنای هوش مصنوعی بپردازد.

### گام‌های تحقیق:

- بررسی و طراحی الگوریتم‌های تشخیص خودکار مدولاسیون دیجیتال مبتنی بر هوش مصنوعی
- پیاده‌سازی الگوریتم‌های تشخیص خودکار مدولاسیون دیجیتال مبتنی بر هوش مصنوعی بر روی سخت‌افزار Embedded GPU
- بررسی و طراحی الگوریتم‌های تشخیص خودکار کدینگ مبتنی بر هوش مصنوعی
- پیاده‌سازی الگوریتم‌های تشخیص خودکار کدینگ مبتنی بر هوش مصنوعی بر روی سخت‌افزار Embedded GPU
- تست نهایی الگوریتم‌های تشخیص خودکار مدولاسیون و کدینگ با سیگنال‌های واقعی

### خروجی‌های مورد انتظار تحقیق

- پیاده‌سازی الگوریتم‌های تشخیص خودکار مدولاسیون بر بستر سخت‌افزاری GPU
- پیاده‌سازی الگوریتم‌های تشخیص خودکار کدینگ بر بستر سخت‌افزاری GPU



### الزامات تحقیق

سامانه پیاده‌سازی شده مورد نظر باید دارای مشخصات زیر باشد:

- در بخش تشخیص خودکار مدولاسیون نیاز است مدولاسیون‌های جداول ۱ و ۲ شناسایی شوند.
- در جدول ۱ حداقل نسبت سیگنال به نویز برای هر مدولاسیون مشخص شده است.



جدول ۱: مشخصات بخش تشخیص خودکار مدولاسیون در کانال AWGN.

مقدار	مشخصه
BPSK > 8 dB	پارامترهای مورد نظر
QPSK, OQPSK, 8PSK, DQPSK > 9 dB	
2FSK, 4FSK, 16FSK, 8PSK, MSK, GMSK > 12 dB	
16QAM, 16APSK > 17 dB	
32APSK, 64QAM > 23 dB	

- در کانال فیدینگ با استاندارد ETSI TR 125 943 بایستی AMR مدولاسیون‌های جدول ۲ انجام شود. در این جدول، حداقل نسبت سیگنال به نویز برای هر مدولاسیون در کانال فیدینگ مشخص شده است.

جدول ۲: مشخصات بخش تشخیص خودکار مدولاسیون در کانال فیدینگ.

مقدار	مشخصه
BPSK > 10 dB	پارامترهای مورد نظر
QPSK, OQPSK, 8PSK, DQPSK > 11 dB	
2FSK, 4FSK, 16FSK, 8PSK, MSK, GMSK > 14 dB	
16QAM, 16APSK > 19 dB	
32APSK, 64QAM > 25 dB	

- بخش تشخیص خودکار کدینگ از دو زیربخش تشکیل شده است. در زیربخش اول، بایستی نوع کدینگ کانال تشخیص داده شود و در زیربخش دوم باید پارامترهای کدینگ تخمین زده شود. احتمال تشخیص نوع کدینگ در بخش اول به احتمال خطای بیت کانال مخابراتی بستگی دارد. احتمال تشخیص درست نوع کدینگ بر حسب نسبت سیگنال به نویز در کانال AWGN برای مدولاسیون BPSK در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: احتمال تشخیص درست نوع کدینگ بر حسب نسبت سیگنال به نویز در کانال AWGN با مدولاسیون BPSK.

نسبت سیگنال به نویز برای مدولاسیون BPSK بر حسب dB					نوع کدینگ
6	2	-2	-6	-10	
0.9999	0.999	0.95	0.85	0.65	RS
0.9999	0.999	0.95	0.85	0.65	BCH
0.999	0.99	0.9	0.75	0.55	Convolutional
0.999	0.99	0.94	0.83	0.65	Interleaver

• در بخش تشخیص خودکار کدینگ نیاز است پارامترهای کدهای ارائه شده در جدول ۴ شناسایی شوند.

جدول ۴: مشخصات کدینگ‌های بخش تشخیص خودکار نوع کدینگ.

عنوان	پارامترهای مورد نیاز
RS	Codeword length, N Message length, K Shorten message length, S
BCH	Codeword length, N Message length, K Shorten message length, S
Convolutional	Constraint Length Code Generator Punctured Rate Punctured vector
Interleaver	interleaver pattern

• در جدول ۵ احتمال تشخیص درست پارامترها برای مدولاسیون BPSK در کانال AWGN به ازای SNR= 0 dB آورده شده است.

جدول ۵: احتمال آشکارسازی پارامترهای کدینگ

عنوان	پارامترهای مورد نیاز و احتمال آشکارسازی پارامترها به صورت درست
RS	Codeword length, N (Pd = 0.9) Message length, K (Pd = 0.9) Shorten message length, S (Pd = 0.7)
BCH	Codeword length, N (Pd = 0.9) Message length, K (Pd = 0.9) Shorten message length, S (Pd = 0.7)
Convolutional	Constraint Length (Pd = 0.6) Code Generator (Pd = 0.6) Punctured Rate (Pd = 0.6) Punctured vector (Pd = 0.6)
Interleaver	Interleaver pattern (Pd = 0.6)



### تجهیزات و زیرساخت‌هایی که متقاضی تحقیق می‌تواند در اختیار مجری قرار دهد

- با توجه به سابقه قبلی فعالیت شرکت متقاضی در این حوزه و همچنین وجود سامانه مدولاتور در شرکت، امکان تولید داده حجیم برای پیاده‌سازی ماژول‌ها وجود دارد. به همین ترتیب امکان تست الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده با سیگنال‌های عملی و واقعی نیز مقدور می‌باشد.

### معیارهای ارزیابی و انتخاب مجری

- تحصیلات و سوابق تیم تحقیقاتی و تناسب آن با مسئله
- رویکرد فنی تیم تحقیقاتی به مسئله
- دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی و مواد اولیه و سایر الزامات اجرای تحقیق
- زمان و هزینه اجرای تحقیق

### تسهیم مالکیت فکری

- **مالکیت معنوی:** مجری در مالکیت معنوی ناشی از اجرای تحقیق سهیم خواهد بود و انتشار مقاله مشترک توسط مجری و متقاضی در ژورنال‌های داخلی و خارجی، ارائه مقاله در کنفرانس‌ها و سمینارها با موافقت و اشاره به نام همه دست‌اندرکاران مجاز خواهد بود.
- **مالکیت منافع مادی:** با توجه به مدل کسب‌وکار شرکت متقاضی، منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری تماماً متعلق به شرکت متقاضی بوده و مجری صرفاً حق‌الزحمه اجرای پروژه تحقیقاتی را دریافت خواهد کرد.

### ارسال پروپوزال

پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب موردنظر صندوق نوآوری و شکوفایی، تدوین و حداکثر تا تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۱۹ در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir/grant> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.



تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، خیابان پردیس، زاینده‌رود  
شرقی، شماره ۲۴، مجتمع شکوفایی شرکت‌های دانش‌بنیان  
کدپستی: ۱۹۹۱۹۱۳۱۱۱  
تلفن: ۰۲۱-۴۲۱۷۰۰۰۰  
پست الکترونیک: info@inif.ir



www.boomerangtt.com

telegram:boomerangtt

insta:boomerangtt.co

۰۲۱-۸۸۳۹۸۵۶۳-۸۸۳۹۸۵۴۳

آدرس: خیابان شریعتی، بالاتر از مطهری، کوچه بینا،  
پلاک ۸، طبقه دوم