

# پیشنهاد (پروپوزال) انجام طرح پژوهشی

## الف) کلیات طرح

۱- عنوان طرح:

به فارسی: شمارش دوره‌های موجود در گراف تنر یک کد شبه دوری با یک روش کارا  
به انگلیسی: Enumerating Cycles in the Tanner Graph of a QC LDPC code by an Efficient Search:

۲- مجری مسئول طرح:

دانشکده مستقر: دانشکده علوم ریاضی

نام و نام خانوادگی: محمد غلامی

مرتبه علمی و سمت: دانشیار، هیات علمی

۳- اعتبار کل طرح: ۳۰ میلیون ریال اعتبار معادل طرح (حق تحقیق، هزینه پرسنلی و مسافرت): ریال

۴- زمان اجرای طرح به ماه: ۱۸ ماه شروع: ۹۷/۲ خاتمه: ۹۸/۸

۵- محل اجرای طرح: دانشگاه شهرکرد

۶- منابع تأمین کننده بودجه:

۷- مؤسساتی که با طرح همکاری خواهند داشت (نحوه همکاری):  
دانشگاه شهرکرد (مجری طرح)

۸- خلاصه طرح (حداکثر ۵ سطر):

از آنجایی که توزیع دوره‌های موجود در گراف تنر یک کد خلوت، یکی از پارامترهای اساسی در بررسی کارایی آن کد خلوت تحت یک کدگشایی تکراری (مانند الگوریتم مجموع-حاصل ضرب) به حساب می‌آید، شمارش این دوره‌ها به روش کارا یکی از اهداف متخصصین کدگذاری است که در سال‌های اخیر به شدت مورد مطالعه قرار گرفته است. با این وجود، این روش‌ها از یک رویکرد برنامه نویسی برای یافتن دوره‌ها از طریق ماتریس بررسی توازن (مانند مقادیر ویژه) استفاده می‌کنند که قادر به یافتن دوره‌ها با طول حداکثر  $2g-2$  هستند که در آن  $g$  همان کمر گراف تنر کد است. در این رویکرد، به دنبال یافتن روشی کارا برای شمارش این دوره‌ها هستیم که بتواند هر دور به طول دلخواه در یک کد شبه دوری را با استفاده از ماتریس پایه آن کد بیابد.

(ب) مشخصات مجری و همکاران طرح:

۱- مجری مسئول طرح:

الف) نام و نام خانوادگی: محمد غلامی مرتبه علمی: دانشیار نوع استخدام: رسمی قطعی تاریخ استخدام: ۱۳۸۸  
محل خدمت: دانشگاه شهرکرد-دانشکده ریاضی تلفن محل کار: ۰۳۸۳۳۳۴۴۰۱ داخلی ۲۳۱۸  
ب) نشانی منزل:

ج) به طور متوسط، چند ساعت در هفته به این پروژه اختصاص می دهید؟  
۴ ساعت

د) سایر طرح های در دست اجرا:

ه) مدارج تحصیلی و تخصصی (در حد کارشناسی و بالاتر):

سال دریافت	مؤسسه - کشور	رشته تحصیلی / تخصصی	درجه تحصیلی / تخصصی	
۱۳۸۰	ایران-دانشگاه اصفهان	ریاضی محض	کارشناسی	۱
۱۳۸۲	ایران-دانشگاه صنعتی شریف	ریاضی محض	کارشناسی ارشد	۲
۱۳۸۷	ایران-دانشگاه صنعتی اصفهان	ریاضی کاربردی	دکتری	۳

و - فعالیت های تحقیقاتی، پایان یافته، در حال اجرا و تألیفات در ارتباط با موضوع طرح:

۲- سایر مجریان طرح:

نام و نام خانوادگی	درجه تحصیلی	رشته تحصیلی	مرتبه علمی	محل کار	میزان مشارکت مالی
غفار ریسی	دکتری	ریاضی	استادیار	دانشگاه شهرکرد	۳۰٪

۲- همکاران:

نام و نام خانوادگی	درجه تحصیلی	رشته تحصیلی	مرتبه علمی	محل کار	نوع همکاری	میزان همکاری (ساعت)
معصومه علی نیا	دکتری	ریاضی	-	-	تمام وقت	۱۰۰

### ۱- عنوان و نوع طرح پژوهشی

عنوان به فارسی: شمارش دوره‌های موجود در گراف تنر یک کد شبه دوری با یک روش کارا  
به انگلیسی: Enumerating Cycles in the Tanner Graph of a QC LDPC code by an Efficient Search:  
نوع طرح: ■ بنیادی (گسترش مرزهای دانش) □ کاربردی (در چارچوب اولویت های پژوهشی/حل مسئله)

### ۲- تشریح جزئیات طرح:

#### تعریف مسئله:

کدهای خلوت ( $LDPC$ ) که اولین بار توسط گالاگر [۱] در سال ۱۹۶۲ مطرح شد، کدهایی هستند که ماتریس بررسی توازن (parity check matrix) آنها خلوت یا تنک باشد. به این معنا که چگالی تعداد عناصر ناصفر در درایه های ماتریس بررسی توازن کم باشد. الگوریتم کدگشایی این کدها، نظیر الگوریتم مجموع-حاصلضرب [۲] (sum – product) از یک روش متناوب (iterative) و تصمیم گیری نرم (soft decision) بهره می‌گیرد که در آن پیچیدگی محاسباتی (complexity) به طور خطی با طول کد افزایش می یابد و هنوز می‌تواند در میل ظرفیت شانون در کانال با نویز گوسی سفید (AWGN)، در رقابت با کدهای توربو (Turbo codes) شرکت نماید. اما از آنجا که کدکلمات (codewords) به صورت فضای پوچ (null space) ماتریس بررسی توازن در نظر گرفته می‌شوند، به کارگیری روش های کدگذاری و کدگشایی در کاربردهای عملی در حالتی که طول کد زیاد شود، مشکل می باشد. تنر [۳] در سال ۱۹۸۱ با توسعه این کدها و یافتن نمایش گرافی برای نمایش این کدها، به نام تنر گراف ها، عملاً به روشی موثر در کاربردهای عملی برای کدگذاری و کدگشایی این کدها دست یافت، ولی بعداً ثابت نمود که وجود دوره‌های با طول کم در این نمایش گرافی، در الگوریتم کدگشایی ناخوشایند است و پیچیدگی محاسباتی را بیشتر می نماید. مک-کی [۴] در سال ۱۹۹۵ با استفاده از گراف تنر، کدهای تصادفی ساخت که به نرخ شانون بسیار نزدیک بودند. اما مشکل ذخیره سازی و پیچیدگی کدگذاری و کدگشایی باعث گردید که تلاش برای ساخت کدهای خلوت ساختاری به جای کدهای تصادفی مک-کی آغاز گردد. کدهای خلوت ساختاری (Structured LDPC codes) یکی از روش های ساخت این کدها برای تضمین عدم وجود دوره‌های با طول کم در گراف تنر کم می باشد. همچنین کمترین فاصله کد (Minimum distance) وابستگی عمیقی با طول کوتاهترین دور در گراف تنر کم (که آن را به اختصار گرت (girth) یا کمر کم می نامیم) دارد و بنابراین با افزایش کمر گراف می توان به کمترین-فاصله بهتر و در نتیجه به قدرت تصحیح و تشخیص بالاتری در الگوریتم کدگشایی دست یافت. در این طرح، روشی کارا برای شمارش تعداد دورها در گراف تنر کدهای شبه دوری با استفاده از شمارش گشت بسته متناظر با آنها در ماتریس پایه ارائه می دهیم. نتایج بدست آمده نشان می دهد پیچیدگی محاسبات در این روش نسبت به روش های موجود تا حدود زیادی کاهش می یابد. همچنین، نشان می دهیم که میانگین توزیع دور در گراف تنر کدهای خلوت شبه دوری نسبت به کدهای تصادفی بیشتر است.

#### فرضیات:

ماتریس بررسی توازن یک کد خلوت شبه دوری مشتمل بر بلوک هایی است که هر کدام از گردش دوری سطرهای ماتریس همانی به اندازه مشخص به دست آمده اند. در واقع، با جایگذاری هر درایه ناصفر یک ماتریس پایه با برخی بلوک های دوری گردشی با بعد مشخص و جایگزین نمودن درایه های صفر با ماتریس صفر با همان ابعاد، می توان به ماتریس بررسی توازن یک کد خلوت شبه دوری (نوع I) دست یافت. از طرف دیگر، به ماتریس بررسی توازن یک کد خلوت می توان یک گراف دوبخشی به نام گراف تنر نسبت داد که رئوس موجود در یک بخش، به ترتیب متناظر با سطرها و ستون های آن می باشند. در این حالت، منظور از توزیع دوری و کمر کم، به ترتیب تعداد دورها با طول مشخص و طول کوتاه ترین دور در گراف تنر متناظر با ماتریس بررسی توازن آن کد خواهد بود.

#### اهداف اصلی:

یافتن روشی جدید برای شمارش دوره‌های موجود در گراف تنر یک کد خلوت به منظور بررسی و تحلیل کارایی کد از جمله اهداف اصلی این طرح می باشد. برای این منظور، رابطه بین دوره‌های موجود در گراف تنر یک کد خلوت شبه دوری را بر اساس برخی گشت های بسته در گراف بدوی آن (گراف تنر متناظر با ماتریس پایه) خواهیم یافت. برنامه نویسی با استفاده از برخی نرم افزارهای مناسب مانند C++، Python و Maple از دیگر اهداف این طرح می باشد که به منظور تسریع در اجرای برنامه بسیار قابل توجه است.

#### روش و تکنیک‌های اجرایی:

۱- انجام تحقیقات لازم برای بررسی مساله و کارهای انجام گرفته در زمینه شمارش دورها

۲- تحلیل و بررسی رویکرد جدید به منظور شمارش دورها و طراحی الگوریتم

منابع:

- [1] R.G. Gallager, Low density parity check codes, MIT press, Cambridge, MA, 1963.
- [2] F.R.K. Schischang, B.J. Frey, and H.A. Loeliger, Factor graphs and the sum-product algorithm, *IEEE Trans. Inform. Theory*, 47 (2001) 498-519.
- [3] R.M. Tanner, A recursive approach to low complexity code, *IEEE. Trans. Inform. Theory*, IT-27(1981) 533-547.
- [4] D.J.C. Mackay, and R.M. Neal, Good codes based on very sparse matrixes, *Cryptography and Coding, 5<sup>th</sup> IMA Conference, in lecture Notes in Computer Science*, C. Boyd, Ed., 1025 (1995) 110-111.
- [5] Y. K. Shu Lin, and M.P.C. Fossorier, Low-density parity-check codes based on finite geometries: a rediscovery and new results, *IEEE Trans. Inform. Theory*, 47 (2001) 2711-2736.
- [6] J. Lu, J.M.F. Moura, Structured LDPC codes for high-density recording: Large girth and low error floor, *IEEE Trans. Magn.*, 42 (2006) 208-213.
- [7] J. Fan, Array codes as LDPC codes, in *Proc. 2nd Int. Symp. Turbo. Codes*, 543-546. Brest, France, Sept. 4-7, 2000.
- [8] J. Flum and M. Grohe, The parameterized complexity of counting problems, *SIAM J. Comput.*, 33(4) (2004) 892-922.
- [9] M. Karimi and A. H. Banihashemi, Message-passing algorithms for counting short cycles in a graph, *IEEE Trans. Communications*, 61(2) (2013) 485-495.
- [10] B. Bollob'as, A probabilistic proof of an asymptotic formula for the number of labelled regular graphs, *European J. Combin.*, 1(4) (1980) 311-316.
- [11] B.D. McKay, N.C. Wormald, and B. Wysocka, Short cycles in random regular graphs, *Electron. J. Combin.*, 11(1) (2004) 66.
- [12] A. Dehghan, A.H. Banihashemi, On the Tanner graph cycle distribution of random LDPC, random protograph-based LDPC, and random quasi-cyclic LDPC code ensembles, *IEEE Trans. Inform. Theory*, 64(6) (2018) 4438 - 4451.

---

۳- کلمات کلیدی:

کدهای خلوت شبه دوری - گراف تنر - توزیع دوری - برنامه نویسی

---

توضیحات:

- طرح بنیادی، پژوهشی است که عمدتاً در جهت گسترش مرزهای دانش بدون در نظر گرفتن استفاده عملی خاص برای کاربرد آن انجام می‌گیرد. اگرچه ممکن است این کاربرد در آینده تعریف شود.  
- طرح کاربردی، پژوهشی است که استفاده عملی خاص برای نتایج حاصل از آن در نظر گرفته می‌شود و غالباً جنبه تجربی دارد.

۴- سایر توضیحات لازم:

۴-۱- دلایل ضرورت و توجیه انجام طرح

از آنجایی که داشتن توزیع دوری یک کد خلوت، در تعیین کارایی کد بسیار مهم می باشد، به دست آوردن روشی کارا برای تعیین توزیع دوری کد به منظور ساخت کدهای خلوت با توزیع دوری مناسب از اهداف طراحی و ساخت کدهای خلوت می باشد.

۴-۲- نتایج طرح پاسخگوی کدامیک از نیازهای علمی - صنعتی جامعه می‌باشد؟

مخابرات (ساخت کدهای تصحیح کننده خطا برای غلبه بر نویز)

۴-۳- چه مؤسساتی می‌توانند از نتایج طرح استفاده نمایند؟ (در صورت نیاز توضیح دهید)

تمامی مؤسساتی که به دنبال غلبه بر نویز سیگنال های ارسالی هستند. (مانند سازمان مخابرات و وزات دفاع)

۴-۴. سابقه علمی طرح و پژوهشهای انجام شده با ذکر مأخذ به ویژه در ایران؟

شمارش و یافتن دوره‌های با طول داده شده در یک گراف کلی به عنوان یک مساله سخت شناخته شده است [۸] (به منظور یک بررسی نسبتاً جامع در مقالات برای الگوریتم‌های شمارش و یافتن دورها در انواع مختلف گراف‌ها، از جمله گراف‌های دوبخشی و پیچیدگی آنها، می‌توان به مرجع [۹] مراجعه کرد). بنابراین، در مرجع [۱۲] یک تقریب ساده برای تعداد دوره‌های با طول داده شده در یک گراف مشخص به دست آمده است. در این رابطه، توزیع دوره‌های با طول مشخص در مجموعه‌ای از گراف‌های تنر (کدهای خلوت) حاصل شده است. در مرجع [۱۰]، بولوباس نشان دهد که برای یک گراف تصادفی داده شده با توزیع درجه دلخواه، زمانی که اندازه گراف به بی‌نهایت میل می‌کند، توزیع دوره‌های با طول ۳، ۴، ...،  $c$  از یک متغیر تصادفی با توزیع پواسون تبعیت می‌کند. نیز، او امید مقادیر حاصل از این متغیرهای تصادفی را به دست آورد. سپس، در مرجع [۱۱]، نویسندگان گراف‌های دوبخشی تصادفی را در نظر گرفتند، جایی که تمامی راس‌ها دارای درجه ثابت  $d$  هستند و  $c$  به صورت تابعی بر حسب تعداد راس‌های گراف رشد می‌کند، و نشان دادند که همچنان که اندازه گراف به بی‌نهایت میل می‌کند، توزیع دوره‌های با طول متفاوت  $c$  به توزیع‌های پواسون مستقل با متوسط  $\mu = (d-1)^c / c$  میل می‌کند.

۴-۵. آیا پیشنهاد طرح پژوهشی حاضر ارتباطی با پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی کارشناسی ارشد/دکتری که با راهنمایی جنابعالی انجام پذیرفته / در حال انجام است دارد؟  بلی  خیر

در صورت مثبت بودن پاسخ، ضمن ذکر عنوان پایان‌نامه‌های مربوطه لطفاً میزان انطباق را مشخص فرمائید.

۵- زمان بندی

مدت زمان لازم برای اجرای طرح (به ماه): ۱۸ تاریخ شروع: ۹۷/۲ تاریخ خاتمه: ۹۸/۸  
مدت زمان: ۱۸ ماه

جدول مراحل اجرای پروژه و پیش‌بینی زمان هر مرحله:

		جدول زمانی به ماه																												شرح مختصر مراحل				
		۲۸	۲۷	۲۶	۲۵	۲۴	۲۳	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱					
۱	انجام پژوهش																																	
۲	پیماده‌سازی و اجرای برنامه‌ی انجام پژوهش																																	
۳	جمع‌آوری مطالب																																	
۴	تدوین گزارش و مقاله																																	
	جمع																																	

■ خیر

□ بلی

۶- برای این طرح از سازمانهای دیگر نیز درخواست اعتبار شده است؟  
در صورت مثبت بودن جواب لطفاً نام سازمان، نوع و میزان همکاری را مرقوم فرمایند؟

۷- هزینه پرسنلی پیش بینی شده با ذکر مشخصات کامل، میزان اشتغال و حق الزحمه:

نوع مسئولیت	میزان ساعت کار	حق التحقیق* و حق الزحمه به ساعت	جمع کل
مجری مسئول	۳۰۰ ساعت		
سایر مجریان	۲۰۰ ساعت		
سایر مجریان			
سایر همکاران	۱۰۰ ساعت		
سایر همکاران			
سایر همکاران			
جمع	۶۰۰ ساعت		

توضیحات:

\*- بر اساس حداکثر تا میزان مقرر در آئین نامه مصوب هیأت وزیران مورد عمل در دانشگاه و مؤسسات آموزش عالی محاسبه و پرداخت خواهد شد.

۸- فهرست وسائل و مواد مورد نیاز طرح که می‌باید از اعتبار طرح از داخل یا خارج کشور خریداری شود:

نام دستگاه / مواد	شرکت دارنده و یا فروشنده	کشور سازنده	مصرفی یا غیر مصرفی	آیا در ایران موجود است	تعداد/مقدار	قیمت ریال یا ارز	قیمت کل ریال یا ارز	در چه مرحله از طرح مورد نیاز است؟
جمع هزینه‌های وسایل و مواد						به ریال		
جمع هزینه‌های وسایل و مواد						به دلار		

توضیحات:

- در صورتی که این مواد و یا دستگاه در ایران موجود باشد دلایل انتخاب نوع خارجی را ذکر نمایید.

- در صورتی که مواد و یا دستگاهها در دانشکده ها و یا مراکز تحقیقاتی دانشگاه جهت بهره‌گیری در دسترس باشد، دلایل خرید آنها مشخص کنید.

۱۰- پیش بینی هزینه مسافرت داخل (در صورت لزوم)

مقصد	تعداد مسافرت در مدت اجرای طرح و منظور آن	نوع وسیله نقلیه	تعداد افراد	هزینه به ریال
جمع هزینه‌های مسافرت				

۱۱- هزینه‌های دیگر مربوط به طرح

ریال	۱-۱- هزینه‌های چاپ و تکثیر
ریال	۲-۱۱- هزینه‌های تهیه نشریات و کتب لازم
ریال	۳-۱۱- سایر هزینه‌ها (لطفاً نام ببرید) پیش بینی نشده
ریال	جمع هزینه‌های دیگر

۱۲- کل اعتبار طرح

جمع هزینه‌ها	ریال	ارز
جمع هزینه‌های پرسنلی		
جمع هزینه‌های وسایل و مواد		
جمع هزینه‌های مسافرت		
جمع هزینه‌های دیگر		
جمع هزینه‌های سالانه		
جمع کل هزینه‌های طرح ریال	ارزی	دلار
	ریالی	ریال

مبلغی که از منابع دیگر کمک خواهد شد و نحوه مصرف آن:

نام و امضاء مجری مسئول طرح: محمد غلامی	امضاء	تاریخ:
نام و امضاء مجری (اول) طرح: محمد غلامی	امضاء	تاریخ:
نام و امضاء مجری (دوم) طرح: غفار ریسی	امضاء	تاریخ:
نام و امضاء همکار طرح: معصومه علی نیا	امضاء	تاریخ:
نام و امضاء همکار طرح:	امضاء	تاریخ: