بسمه‌تعالی

دانشکده ی فنی مهندسی

کاربرگ ارایه پیشنهاده پایان‌نامه کارشناسی ارشد به مدیر گروه

مدیر محترم گروه مهندسی مکانیک **جناب آقای** دکتر جعفرنژادعلی

با سلام و احترام،

به پیوست پیشنهاده پایان‌نامه اینجانب سید رحیم مقدسی **دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد رشته** مهندسی مکانیک **گرایش** طراحی کاربردی **دوره** روزانه **ورودی نیمسال اول سال تحصیلی** ۱۴۰۰-۱۳۹۹ **به** [redacted] **با عنوان:**

بررسی خواص مکانیکی نانو ذرات دی کالکوژنید های دو بعدی فلزات واسطه بااستفاده از روشهای تئوری تابعیت چگالی ودینامیک ملکولی

که به تأیید استادان محترم راهنما و مشاور (به شرح جدول ۱) رسیده است، به‌منظور بررسی و تصویب در شورای گروه به حضور ارسال می‌شود.

تاریخ تحویل پیشنهاده پایان‌نامه به مدیر گروه: ..... **امضای دانشجو:** سید رحیم مقدسی

جدول ۱. مشخصات و تائید استادان راهنما و مشاور

نام و نام خانوادگی	تخصص اصلی و فرعی	مرتبه علمی	سمت در رساله	محل خدمت	تاریخ و امضا
آقای دکتر مرتضی قربانزاده اهنگری	دکتری تخصصی مکانیک جامدات	دانشیار	استاد راهنما	دانشگاه مازندران	

بسمه تعالی

تاریخ: .....

شماره: .....

پیوست: .....

امام علی(ع)

لا علم کا تحقیق. ارزش هیچ کاری مانند تحقیق نیست.

(غرر الحکم و درر الکلم، فصل ۸۶، ح ۴۹)

طرح پایان‌نامه

۱- جدول‌های زیر شامل مشخصات دانشجو و مشخصات طرح پیشنهاده پایان‌نامه با دقت تکمیل گردند.

جدول ۱. مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی	مقطع	رشته	گرایش	دوره	سال ورود	شماره دانشجویی
سیدرحیم مقدسی	کارشناسی ارشد	مهندسی مکانیک	طراحی کاربردی	روزانه	۱۳۹۹	۹۹۱۴۱۶۰۱۸۱۶۱۷

جدول ۲. ارتباط با دانشجو

تلفن		آدرس محل اقامت
[redacted]	منزل [redacted]	ساری ، فدک ، فدک یکم ، کوچه رز دوم ، ساختمان زرتشت ، واحد۷
		[redacted]

جدول ۳. عنوان پیشنهاده پایان‌نامه

عنوان	فارسی	بررسی خواص مکانیکی نانو ذرات دی کالکوژنید های دوبعدی فلزات واسطه با استفاده از روش‌های تئوری تابعیت چگالی ودینامیک ملکولی
	English	Investigation of mechanical properties of the two-dimentional transition metal dichalcogenides nanopaticles using density functional theory and molecular dynamics method
	سایر زبان‌ها (در صورت لزوم)	
واژگان کلیدی	فارسی	خواص مکانیکی ؛ نانوذرات دی کالکوژنید های دو بعدی فلزات واسطه تئوری ؛ تابعت چگالی ؛ دینامیک ملکولی
	English	Mechanical properties ; Two-Dimentional transition metal dichalcogenides nanoparticles ; Density functional theory ; Molecular dynamics method
	سایر زبان‌ها (در صورت لزوم)	

۲- بیان مسئله (بر اساس مؤلفه‌های: تعاریف، ویژگی‌ها، اهمیت و ضرورت و نوآوری‌های پژوهش حاضر نوشته شود).

نانو

در قرن گذشته، شاخه فناوری نانو تا حد زیادی شکوفا شده است. امروزه بسیاری از انواع تحقیقات به طور مستقیم یا غیرمستقیم با فناوری نانو در ارتباط هستند. نانوتکنولوژی را می‌توان به‌عنوان توسعه، سنتز، مشخص‌سازی و کاربرد مواد و دستگاه‌ها با تغییر اندازه و شکل آنها در مقیاس نانو بیان کرد. در واقع کلمه "نانو" از کلمه یونانی nanos یا کلمه لاتین nanus به معنای "کوتوله" گرفته شده است. این ترکیبی از فیزیک، شیمی، علم مواد، حالت جامد و علوم زیستی است. بنابراین دانش عمیق در یک زمینه کافی نخواهد بود. کاربردهای نانوتکنولوژی تقریباً در تمامی شاخه‌های علم و فناوری در حال گسترش است. تفاوت بین علم نانو و فناوری نانو در این است که علم نانو دانشی را در مورد آرایش اتم‌ها و خواص اساسی آن‌ها در مقیاس نانو می‌دهد در حالی که فناوری نانو فناوری مورد استفاده در کنترل ماده در سطح اتمی برای سنتز نانومواد جدید با ویژگی‌های مختلف است. نانوتکنولوژی تقریباً در تمام شاخه‌های مهندسی مورد توجه قرار گرفته است. نانومواد موادی هستند که اندازه آن‌ها حداقل در یک بعد کمتر از ۱۰۰ نانومتر است. این بدان معناست که اندازه آن‌ها بسیار کمتر از مقیاس میکرو می‌باشد. اندازه نانومواد معمولا $۱۰^{-۹}$ متر است. نانومواد خواص فیزیک و شیمیایی متفاوتی نسبت به مواد حجیم نشان می‌دهند که اساسا به اندازه و شکل آنها بستگی دارد. این مواد با تغییر شکل و اندازه در سطح نانو، یک ویژگی منحصر به فرد با ویژگی‌ها و قابلیت‌های جدید ایجاد می‌کند. ممکن است اشکال مختلفی مانند نانومیله‌ها، نانوذرات، نانوصفحات داشته باشند. با برهمکنش دو یا چند ذره، خواص فیزیکی آن‌ها قابل تغییر است. این ذرات از اجزای مختلف را نانومواد حجیم یا سه بعدی می‌نامند. نانوتکنولوژی محدوده‌های از تکنولوژی است که در این محدوده، انسان توانایی ساخت انواع ترکیبات، آلیاژها، ابزارها و به طور خلاصه سیستم‌ها و سازه‌های گوناگون را در مقیاس اتمی و مولکولی و در ابعاد نانومتری را دارا می‌باشد[۲و۱].

گرافن

گرافن بیش از ۱۵ سال است که از اولین ساخت آن در سال ۲۰۰۴ توسط جوامع علمی و مهندسی مورد مطالعه گسترده قرار گرفته است. گرافن یک لایه از اتم‌های کربن دو بعدی در یک ساختار شبکه شش ضلعی است و به طور گسترده‌ای در بسیاری از کاربردهای مانند الکترونیک، ذخیره انرژی در باتری, سلول های سوختی و سلول‌های خورشیدی، استفاده شده است. گرافن یکی از آلتروپ‌های کربن است و از شش ضلعی ساخته شده است. از دیگر آلتروپ‌ها می‌توان به فولرن‌ها[1]، نانولوله‌ها و گرافیت اشاره کرد. نانومواد مبتنی بر گرافن شامل اکسید گرافن، نقاط کوانتومی گرافن هستند. گرافن در حالت ایده آل شامل اتم‌های کربن sp^2 است اما دیگر اعضای خانواده به دلیل معرفی گروه‌های عملکردی مانند هیدروکسیل، کربوهیدرات، کربنیل و اپوکسی[2] از sp^2 و sp^3 تشکیل شده اند. گرافن از لایه دو بعدی اتم‌های کربن با هیبریداسیون sp^2 که از اختلاط اوربیتال های s، p_x و p_y ناشی می‌شود، تشکیل شده است. اوربیتال p_z باقیمانده هر اتم کربن، پیوند π را با سه اتم کربن همسایه تشکیل می‌دهد که به عنوان نوار ظرفیت و نواری از اوربیتال‌های خالی π^* معروف به نوار رسانایی شناخته می‌شوند. کربن چهار الکترون ظرفیت دارد و سه تای آن‌ها پیوندهای سیگما را تشکیل می‌دهند که استخوان پشتی با ساختار شش ضلعی هستند. الکترون باقیمانده یک سوم پیوند π را با نزدیکترین همسایه اتم کربن تشکیل می‌دهد. این برهمکنش‌های خارج از صفحه بسیار ضعیف هستند که منجر به هدایت الکتریکی و حرارتی خارج از صفحه می‌شود که ۱۰۳ برابر کمتر از آنالوگ‌های سطحی است[۳].

[1] Fullerenes
[2] Epoxy

دی‌کالکوژنیدهای فلزات واسطه دو بعدی

دی‌کالکوژنیدهای فلزات واسطه دوبعدی[1] (TMDs) در دهه گذشته علاقه زیادی به خود برای کاربردهای تکنولوژیکی جدید ایجاد کرده‌اند. دی‌کالکوژنیدهای گروه ۶ دارای فرمول شیمیایی MX_2 هستند که در آن M نشان دهنده فلزات واسطه (Mo یا W) و X نشان دهنده کالکوژن‌ها (S، Se یا Te) است. دی‌کالکوژنیدهای فلزات واسطه دوبعدی با داشتن ضخامت بسیار نازک و ساختار ۲ بعدی، برخی از خواص شیمیایی، الکتریکی و فیزیکی استثنایی را در مقایسه با معادل توده خود ارائه می‌دهند و از این رو کاربردهای متنوع دارند. روش‌های زیادی برای تهیه نانوصفحات دی‌کالکوژنیدهای فلزات واسطه دوبعدی یک یا چند لایه، مانند فرآیند رسوب‌دهی بخار شیمیایی[2]، لایه‌برداری فاز مایع[3]، سنتز شیمیایی مرطوب[4]، روش برش مکانیکی و لایه‌برداری الکتروشیمیایی وجود دارد. خواص الکتریکی و شیمیایی نانوساختارهای دوبعدی آن‌ها را برای استفاده در کاربردهای متعدد، مانند حسگرها، دستگاه‌های الکترونیکی/اپتوالکترونیکی، ذخیره‌سازی انرژی و الکترولیز مرتبط کرده است. برخی از خواص ساختاری دی‌کالکوژنیدهای فلزات واسطه دوبعدی مشابه گرافن است. علاوه بر این، آنها برخی از خواص و ویژگی‌های مکمل را نشان می‌دهند که آنها را برای کاربردهای سنجش مناسب می‌کند. واضح است که گرافن در شکل بکر خود برای ساخت گیت‌های منطقی مناسب نیست. برعکس، بسیاری از دی‌کالکوژنیدهای فلزات واسطه دوبعدی مانند MoS_2، $MoTe_2$ و WS_2 رفتار نیمه هادی را به تصویر می‌کشند، طیف وسیعی از فاصله باند دارند و برای استفاده از آنها به عنوان دستگاه‌های الکترونیکی مناسب تر هستند[۴].

جدول ۱برخی از خواص دی کالکوژنیدها

نام ترکیب	فرمول شیمیایی	جرم مولکولی (g/mol)	شکلو رنگ ظاهری	چگالی (g/cm^3)	نقطه ذوب (C°)	حلالیت در آب	شکاف باند
تنگستن دی تاروبید	WTe_2	۴۳۹.۰۴	کریستال خاکستری	۹.۴۳	۱۰۲۰	ناچیز	-
تنگستن دی سلنید	WSe_2	۳۴۱.۷۶	خاکستری تا سیاه جامد	۹.۳۲	بیشتر از ۱۲۰۰	نامحلول	~۱ eV (غیر مستقیم، حجیم) ~۱.۷ eV (مستقیم، تک لایه)
تنگستن دی سولفید	WS_2	۲۴۷.۹۸	پودر خاکستری آبی	۷.۵	۱۲۵۰	کمی محلول	~۱.۳۵ eV (نوری، غیر مستقیم، حجیم) ~۲.۰۵ eV (اپتیکال، مستقیم، تک لایه)
مولیبدن دی تلورید	$MoTe_2$	۳۵۱.۱۴	جامد سیاه/سرب خاکستری	۷.۷	-	نا محلول	۱.۱ eV (مستقیم، تک لایه) ۰.۹ eV (غیر مستقیم، حجیم)
مولیبدن دی سلنید	$MoSe_2$	۲۵۳.۸۶	جامد کریستالی	۶.۹۰	بیشتر از ۱۲۰۰	-	~ ۰.۸۵ eV (غیر مستقیم، فله) ~ ۱.۵ eV (مستقیم، تک رنگ)

[1] Two dimensional transition metal dichalcogenides (TMDs)
[2] Chemical vapor deposition
[3] Liquid exfoliation
[4] Wet chemical synthesis

مولیبدن دی سولفید	MoS_2	۱۶۰.۰۷	سیاه / سرب خاکستری جامد	۵.۰۶	۲۳۷۵	نامحلول	۱.۲۳ eV (غیر مستقیم، R۳ یا H۲ فله) ~۱.۸ eV (مستقیم، تک رنگ)

دینامیک مولکولی

دینامیک مولکولی، به عنوان یک تکنیک شبیه‌سازی است. این تکنیک‌ها طی سالیان متمادی با کاربرد در مایعات، جامدات، گازها، پالایش و توسعه یافتند. دینامیک مولکولی اکنون یکی از انعطاف‌پذیرترین و محبوب‌ترین ابزارهای موجود برای بررسی ساختار مولکولی، خواص ترمودینامیکی و دینامیک است. شبیه‌سازی مولکولی به روش‌هایی گفته می‌شود که با در نظر داشتن مولکول‌های تشکیل دهنده یک سیستم، مدل بر هم کنش آن‌ها بر یک دیگر، محاسبه موقعیت‌ها، سرعت ذرات آن‌ها در هر لحظه از زمان و با استفاده از رابطه‌های مکانیک آماری خواص ماکروسکوپی سیستم را محاسبه می‌کند. شبیه‌سازهای رایانه‌ای نقش باارزشی در پاسخ دقیق به مسائل آماری دارند که فقط با استفاده از این روشهای تقریبی قابل حل هستند. به همین ترتیب شبیه‌سازی رایانه‌ای روشی کارا برای آزمایشات نظریه‌ای مختلف مکانیک آماری است. اضافه بر این می‌توان نتایج بدست آمده از شبیه سازی رایانه ای را در حد نتایج آزمایشی واقعی قلمداد کرد. بدین ترتیب این موارد از روش‌ها می‌توانند در آزمایش مدل‌های ارائه شده مولکولی به کار بروند و یا با کمک از مدل‌های تایید شده برای محاسبه خواص مدل مورد استفاده قرار گیرند. همچنین شبیه‌سازی به صورت پلی میان مدل‌ها، پیش بینی‌های نظری و نتایج آزمایشگاهی هستند. علاوه بر این، تفاوتی بین شبیه‌سازی رایانه‌ای و سایر محاسبات در رابطه با استفاده از رایانه وجود دارد به این صورت که در شبیه‌سازی، رایانه نه تنها یک محاسبه‌گر نیست، بلکه آزمایشگاهی مجازی است که در آن یک سیستم مورد بررسی قرار می‌گیرد[۵].

تئوری تابعیت چگالی

تئوری تابعیت چگالی[1] یک روش مکانیکی کوانتومی است که در شیمی و فیزیک برای محاسبه ساختار الکترونیکی اتم‌ها، مولکول‌ها و جامدات استفاده می‌شود. از دهه ۱۹۷۰ در فیزیک حالت جامد محاسباتی بسیار محبوب بوده است. با این حال، تا دهه ۱۹۹۰ بود که بهبود روش، آن را به طور قابل قبولی برای کاربردهای شیمیایی کوانتومی دقیق کرد، که منجر به افزایش کاربردها شد. نقطه قوت واقعی تئوری تابعیت چگالی نسبت قیمت/عملکرد مطلوب آن در مقایسه با روش‌های مبتنی بر تابع موج همبسته با الکترون مانند نظریه اغتشاش مولر-پلست[2] یا خوشه جفت شده[3] است. بنابراین، سیستم‌های مولکولی بزرگ‌تر (و اغلب مرتبط‌تر) را می‌توان با دقت کافی مطالعه کرد، در نتیجه قدرت پیش‌بینی ذاتی در نظریه ساختار الکترونیکی را گسترش داد. در نتیجه، این تئوری در حال حاضر پرکاربردترین روش ساختار الکترونیکی است. اهمیت بسیار زیاد آن در فیزیک و شیمی توسط اعطای جایزه نوبل در سال ۱۹۹۸ به والتر کوهن به دلیل توسعه نظریه چگالی-عملکردی مشهود است. همچنین این تئوری یکی از محبوب ترین و همه کاره ترین روش‌های موجود در فیزیک ماده متراکم، فیزیک محاسباتی و شیمی محاسباتی است[۷و۶].

[1] Density functional theory (DFT)
[2] Møller–Plesset perturbation theory
[3] Coupled cluster

نرم افزارهای شبیه سازی مورد استفاده:

سیاستا(ابتکار اسپانیایی برای شبیه سازی الکترونیکی با هزاران اتم[1]) هم یک روش و هم اجرای برنامه کامپیوتری آن برای انجام محاسبات ساختار الکترونیکی کارآمد و شبیه‌سازی دینامیک مولکولی از ابتدا مولکول‌ها و جامدات است. سیاستا نرم افزاری بر اساس زبان برنامه‌نویسی فورترن ۳۰ است که در همین راستا محاسبات ساختار الکترونیکی و شبیه‌سازی‌های دینامیک مولکولی برای مولکول‌ها و جامدات مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارایی سیاستا از استفاده از مجموعه‌های پایه کاملاً محلی و از پیاده‌سازی الگوریتم‌های مقیاس‌گذاری خطی ناشی می‌شود که می‌توانند در سیستم‌های مناسب اعمال شوند. یکی از ویژگی‌های بسیار مهم کد این است که دقت و هزینه آن را می‌توان در طیف گسترده‌ای تنظیم کرد[۹و۸].

ویژگی‌های اصلی سیاستا عبارتند از[۱۰و۸]:

۱. از روش عملکردی چگالی خودسازگار استاندارد کوهن-شم [2]در تقریب‌های چگالی محلی یا گرادیان تعمیم‌یافته[3] استفاده می‌کند و همچنین قادر به توصیف تعاملات واندروالس است.

۲. از شبه پتانسیل‌های حفظ هنجار در شکل کاملاً غیر محلی (کلینمن-بایلندر[4]) استفاده می‌کند.

۳. از اوربیتال‌های اتمی با پشتیبانی محدود به‌عنوان مجموعه پایه استفاده می‌کند، که امکان گشتاورهای زاویه‌ای و چندتایی نامحدود، پلاریزاسیون و اوربیتال‌های خارج از سایت را فراهم می‌کند.

۴. توابع موج و چگالی الکترون را بر روی یک شبکه فضای واقعی به منظور محاسبه پتانسیل هارتری و همبستگی تبادل و عناصر ماتریس آن‌ها طرح می‌کند.

لمپس

لمپس (شبیه ساز انبوه موازی اتمی/مولکولی در مقیاس بزرگ)[5] یک کد دینامیک مولکولی کلاسیک است که مجموعه‌ای از ذرات را در حالت مایع، جامد یا گاز مدل‌سازی می‌کند. می‌تواند سیستم‌های اتمی، پلیمری، بیولوژیکی، حالت جامد (فلزات، سرامیک ها، اکسیدها)، دانه‌ای، ماکروسکوپی را با استفاده از انواع پتانسیل‌های بین اتمی (میدان نیرو) و شرایط مرزی مدل کند. همچنین توانایی مدل‌سازی سیستم‌های دو بعدی یا سه بعدی را تنها با چند تا میلیون‌ها یا میلیاردها ذره را دارا می‌باشد. لمپس به گونه‌ای طراحی شده است که با قابلیت‌های جدید، مانند میدان‌های نیروی جدید، انواع اتم‌ها، شرایط مرزی یا تشخیص، به راحتی قابل تغییر یا گسترش باشد. در کلی‌ترین مفهوم، لمپس معادلات حرکت نیوتن را برای مجموعه‌ای از ذرات متقابل ادغام می‌کند. یک ذره می‌تواند یک اتم یا مولکول یا الکترون، یک خوشه درشت دانه از اتم‌ها، یا یک توده ماکروسکوپی از مواد باشد. مدل‌های تعاملی که لمپس شامل می‌شود، عمدتاً ماهیت کوتاه‌برد دارند. برخی از مدل های دوربرد نیز گنجانده شده است[۱۱].

[1] Spanish Initiative for Electronic Simulations with Thousands of Atoms (SIESTA)
[2] Kohn-Sham
[3] Generalized gradient
[4] Kleinman-Bylander
[5] Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator (LAMMPS)

۳- پیشینه پژوهش

ادنان و همکاران[1] در سال ۲۰۰۷ پژوهشی تحت عنوان مطالعه شبیه‌سازی دینامیک مولکولی برای بررسی اثر فیلر پرکننده بر خواص الاستیک نانوکامپوزیت‌های پلیمری انجام داند. آن‌ها تأثیر اندازه پرکننده بر خواص الاستیک کامپوزیت‌های پلیمری تقویت‌شده با نانوذرات با استفاده از شبیه‌سازی دینامیک مولکولی بررسی کردند. نتایج شبیه سازی نشان داد که خواص الاستیک نانوکامپوزیت‌ها با کاهش اندازه توپ باکی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. بررسی در سطح اتمی مشخص کرد که چگالش ماتریس پلیمری در نزدیکی نانوذره و همچنین انرژی برهم‌کنش پرکننده-ماتریس نقش اصلی را در تکمیل اثر اندازه دارند[۱۲].

ملک‌پور و همکاران[2] در سال ۲۰۱۴ پژوهش تحت عنوان مطالعه خواص مکانیکی نانوصفحه تک لایه تنگستن دی سولفید انجام دادند. آن‌ها خواص مکانیکی نانوساختار تک لایه تنگستن دی سولفید همانند مدول یانگ، مدول برشی، مدول بالک و همچنین نسبت پواسون را با استفاده از نظریه تابعیت چگالی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که خواص الاستیکی نانوساختار تنگستن دی سولفید، کمتر از مقدار خواص نانوصفحات گرافن و برن نیترااید است، اما نسبت پواسون آن از دو فاصله بین دو نانوصفحه گرافن و برن نیترااید بیشتر می‌باشد[۱۳].

در سال ۲۰۱۷ آلین و همکاران[3] پژوهشی به عنوان مطالعه دینامیک مولکولی اثر تقویتی گرافن در نانوکامپوزیت‌های پلیمری چندلایه انجام دادند. آن‌ها شبیه‌سازی‌های دینامیک مولکولی جامعی را در مورد نانو تورفتگی کامپوزیت‌های تقویت شده با گرافن برای مطالعه اثر گرافن به‌عنوان یک ماده تقویت‌کننده و پوشش انجام دادند. نتایج مطالعه نشان داده که مقاومت فرورفتگی پلی اتیلن با پوشش گرافن تک لایه، چهارده برابر مقاومت فرورفتگی پلی اتیلن خالص است. همچنین مقاومت فرورفتگی آرایش گرافن تعبیه شده چند لایه را می‌توان با انتخاب مناسب فاصله جداسازی بین لایه های گرافن به طور موثر کنترل کرد. به علاوه تأثیر قوی جهت گیری و آرایش لایه‌های گرافن را بر پاسخ مکانیکی نانوکامپوزیت نشان داده شد. در نهایت این یافته‌ها در طراحی نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر گرافن با عملکرد قابل قبول مفید هستند[۱۴].

عرب و همکاران[4] در سال ۲۰۱۷ تحقیق تحت عنوان شبیه‌سازی دینامیک مولکولی نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری تقویت شده با نانولوله‌های کربنی به انجام رسانیدند. در پژوهش، از روش دینامیک برای محاسبه خواص مکانیکی نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری تقویت شده با نانولوله‌های کربنی تک جداره مورد استفاده قرار گرفته است همچنین یک روش چهار مرحله‌ای به کمک دینامیک مولکولی برای ساخت اتصلات عرضی به‌کار گرفته شده است. علاوه بر این، ضرایب الاستیک نانوکامپوزت شامل مدول برشی و مدول یانگ محاسبه شدند. نتایج نشان داد که بهبود خواص مکانیکی اپوکسی در تاثیر از اضافه نمودن نانولوله‌های کربنی می‌باشد[۱۵].

لنگ و همکاران[5] در سال ۲۰۱۸ پژوهشی با عنوان $PdSe_2$: تک لایه دی‌کالکوژنیدهای فلزی انتقالی دو بعدی انعطاف‌پذیر برای فوتوکاتالیست تقسیم آب با نرخ نوترکیبی بسیار پایین را انجام دادند. در این پژوهش اثر خواص الکترونیکی و نوری $PdSe_2$ تک لایه را از طریق نظریه تابعی چگالی و دینامیک مولکولی بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که تک لایه $PdSe_2$ به دلیل درجه کم تقارن شبکه، خواص نوری، الکترونیکی و مکانیکی ناهمسانگرد درون صفحه را نشان داد. علاوه بر این، موقعیت های باندگاپ و لبه باند مناسب به دست می‌آید که منجر به کارایی بالای خورشیدی به هیدروژن تا ۱۲/۵۹ درصد می‌شود. در مقایسه با مواد تک لایه معمولی، تک لایه $PdSe_2$ فرآیند نوترکیب الکترون-حفره بسیار کندی را با مقیاس

---

[1] Adnan et al. 2007

[2] ملک پور و همکاران ۲۰۱۴

[3] Alian et al. 2017

[4] عرب و همکاران ۲۰۱۷

[5] Long et al. 2018

زمانی نشان می‌دهد. به این ترتیب نتیجه گرفتند که تک لایه $PdSe_2$ یک نامزد امیدوار کننده برای برنامه‌های کاربردی بیشتر است[۱۶].

دنگ و همکاران[1] در سال ۲۰۱۸ پژوهشی تحت عنوان ویژگی‌های الکترونیکی، مکانیکی و نوری مدوله‌شده تک‌لایه PdS_2، $PdSe_2$، و $PtSe_2$ برای دستگاه‌های قابل تنظیم شونده انجام دادند. نتایج نشان داد که پیک ثابت دی الکتریک پیچیده به سمت انرژی کمتر تغییر می‌کند و ϵ_1 (صفر) به طور یکنواخت با افزایش کرنش های فشاری و کششی افزایش می یابد. در میان این سه ماده، PdS_2 قابلیت تنظیم الکترونیکی و نوری عالی را تحت کرنش‌های کششی از خود نشان می‌دهد[۱۷].

در سال ۲۰۱۹ پیوسته و همکاران[2] تحقیقی تحت عنوان محاسبه خواص مکانیکی و ترمودینامیکی ساختار ۳C کربید سیلیکون با استفاده از دینامیک مولکولی و نظریه تابعی چگالی انجام داند. در این تحقیق، خواص مکانیکی و ترمودینامیکی کاربید سیلیکون ۳C با دینامیک مولکولی و نظریه تابعی چگالی در دما و فشار بالا برآورد شد. نتایج با نتایج نظری و تجربی معتبر مقایسه و اعتبارسنجی شدند همچنین خواص مکانیکی تخمینی کاربید سیلیکون ۳C شامل ثابت‌های الاستیک، مدول‌های حجیم، جوان و برشی و نسبت پواسون در دما و فشار بالا که با پتانسیل ترسوف محاسبه شد و مطابقت خوبی با نتایج تجربی داشت. علاوه بر این خواص ترمودینامیکی مانند نقطه ذوب، ظرفیت حرارتی ویژه در حجم، دمای دیبایو فشارثابت و هدایت حرارتی در محیط و فشار بالا با تئوری دینامیکی و عملکردی مولکولی محاسبه شدند[۱۸].

در سال ۲۰۲۰ بتال و همکاران[3] پژوهش با عنوان خواص ترموالکتریک و پیزوالکتریک عالی لایه‌های مختلف روی‌هم چیده شده از فلز انتقالی دو بعدی HfN_2 انجام دادند. هر دو تک لایه و دو لایه HfN_2 با استفاده از نظریه تابعی چگالی و معادله انتقال بولتزمن[4] مورد مطالعه قرار گرفتند. لایه HfN_2 با لایه‌های مختلف انباشته و خواص الکترونیکی متفاوتی را نشان داد. ویژگی نوری این ماده نشان می‌دهد که این ماده یک جاذب بسیار خوب در ناحیه فرابنفش است، بنابراین می‌تواند به‌عنوان آشکارساز نور فرابنفش و به عنوان یک لایه جاذب در دستگاه‌های فتوولتائیک[5] استفاده شود. خواص پیزوالکتریک ماده نیز رفتار امیدوارکننده‌ای را نشان داد زیرا تانسورهای تنش و کرنش پیزوالکتریک دارای بالاترین مقدار را برای تک لایه و دولایه نشان داد[۱۹].

در سال ۲۰۲۰ یانگ و همکاران[6] عنوان پژوهش تنظیم رسانایی در نوع تک لایه تنگستن دی سولفید و مولیبدن دی سولفید توسط گوگرد را انجام دادند. آن‌ها یک مطالعه سیستماتیک در مورد اثر الکتریکی معادل دوپینگ[7] جای گوگرد منفرد[8] (V_{1S}) در تک لایه تنگستن دی سولفید و مولیبدن دی سولفید با مطالعه برهمکنش رابط تماس‌های تنگستن دی سولفید-طلا و مولیبدن دی سولفید- طلا گزارش کردند. بر اساس محاسبات اولیه آن‌ها، V_{1S} می‌تواند رفتار نیمه هادی هر دو تک لایه تنگستن دی سولفید و مولیبدن دی سولفید را به طور قابل توجهی تغییر دهد به طوری که آنها می توانند ویژگی گیرنده الکترون (نوع p) و همچنین دهنده الکترون (نوع n) را در تماس با طلا نشان دهند. تأثیر قابل توجهی که V_{1S} می‌تواند بر روی تک لایه تنگستن دی سولفید و مولیبدن دی سولفید داشته باشد ممکن است برای مهندسی رفتار الکتریکی آن مفید باشد و یک راه جایگزین برای تنظیم دی‌کالکوژنیدهای فلزات واسطه دو بعدی نیمه هادی برای نشان دادن رفتار نوع n یا نوع p ارائه می‌دهد[۲۰].

---

[1] Deng et al. 2018

[2] پیوسته و همکاران ۲۰۱۹

[3] Betal et al. 2020
[4] Boltzmann transport
[5] Photovoltaic devices
[6] Yang et al. 2020
[7] Doping
[8] Single sulfur vacancies

دانشمند و همکاران[1] در سال ۲۰۲۱ عنوان تأثیر تجمع صفحات گرافن روی مکانیزم قفل شدن نابجایی‌ها در کامپوزیت نانو چندلایه آلومینیوم/گرافن: مطالعه شبیه‌سازی دینامیک مولکولی را به انجام رساندند. آن‌ها بارگذاری کششی بر روی نانو کامپوزیت‌های چندلایه آلومینیوم/گرافن با استفاده از شبیه‌سازی دینامیک مولکولی را برای مطالعه مکانیزم قفل‌شدگی نابجایی‌ها و اثر تقویتی و سفت کنندگی آن انجام داند و همچنین هسته‌زایی، گسترش و حرکت نابجایی‌ها در زمینه آلومینیوم تحت کشش را مورد بررسی قرار داند. نتایج نشان داد که مکانیزم تقویت زمینه آلومینیوم شامل افزایش تراکم نابجایی‌ها و انتقال تنش برشی است. نتایج اثرات تقویتی و سفت کنندگی به‌عنوان تابعی از فاصله بین صفحات گرافن نشان داد که فاصله صفحات گرافن نقش مؤثری در ایجاد مکانیزم قفل‌شدگی نابجایی‌ها در زمینه آلومینیوم دارند[۲۱].

جدول ۲ خلاصه‌ای از فعالیت پژوهشگران

سال	نرم افزار	روش	ماده	نویسنده	مرجع
۲۰۰۷	DL-POLY	دینامیک مولکولی	نانوکامپوزیت پلی اتیلن	Ashfaq Adnan	(۱۲)
۲۰۱۴	QUANTUM ESPRESSO	تئوری تابعیت چگالی	WS_2	سینا ملک پور	(۱۳)
۲۰۱۷	LAMMPS	دینامیک مولکولی	گرافن و پلی اتیلن	Alian AR	(۱۴)
۲۰۱۸	LAMMPS و Materials Studio	دینامیک مولکولی	نانوکامپوزیت	بهروز عرب	(۱۵)
۲۰۱۸	VASP	تئوری تابعیت چگالی و دینامیک مولکولی	$PdSe_2$	Chen Long	(۱۶)
۲۰۱۸	ATK	تئوری تابعیت چگالی	PdS_2 $PdSe_2$ $PtSe_2$	Shuo Deng	(۱۷)
۲۰۱۹	LAMMPS و CASTEP	تئوری تابعیت چگالی و دینامیک مولکولی	کربید سیلیکون	ایمان پیوسته	(۱۸)
۲۰۲۰	SIESTA و QUANTUM ESPRESSO	تئوری تابعیت چگالی	$Hf\ N_2$	Atanu Betal	(۱۹)
۲۰۲۰	VASP	تئوری تابعیت چگالی	WS_2 و MoS_2	Jing Yang	(۲۰)
۲۰۲۱	LAMMPS	دینامیک مولکولی	آلومینیوم/گرافن	حمید دانشمند	(۲۱)

[1] دانشمند و همکاران ۲۰۲۱

۴- اهداف پژوهش

بررسی خواص مکانیکی ذرات در ابعاد نانو متری

۵- پرسش (های) پژوهش (در صورت لزوم)

۶- فرضیه (های) پژوهش (در صورت لزوم)

۷- اطلاعات مربوط به روش اجرای پژوهش

۷-۱- نوع پژوهش

الف- بر اساس هدف

۱) بنیادی ☐ **۲) کاربردی** ☒ **۳) توسعه‌ای** ☐

ب- بر اساس ماهیت داده‌ها

۱) کمی ☐ **۲) کیفی** ☐ **۳) ترکیبی** ☒

ج- بر اساس روش جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات

۱) تجربی ☐ **۲) نظری** ☐ **۳) ترکیبی** ☒

۷-۲- قلمرو پژوهش (شامل قلمرو مکانی، قلمرو زمانی و قلمرو موضوعی؛ در صورت لزوم)

۷-۳- الگو یا مدل مفهومی (در صورت لزوم)

۷-۴- معرفی شاخص‌ها، متغیرها، چگونگی اندازه‌گیری آن‌ها، منابع و مآخذ داده‌ها و اطلاعات و روش تحلیل (در صورت لزوم)

۷-۵- روش اجرای طرح (در صورت پژوهش روی نمونه‌های انسان و همچنین پژوهش روی حیوانات آزمایشگاهی، درج کد اخذشده از سامانه ملی اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی، در این قسمت الزامی می‌باشد).

۸- زمان‌بندی پیشرفت و اتمام پژوهش (با رعایت سقف مجاز دوره تحصیلی)

جدول ۴. نمودار زمان‌بندی

عنوان مراحل	زمان کل	زمان اجرا					
		ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	ماه چهارم	ماه پنجم	ماه ششم
مطالعه وتحقیق در منابع	۶ ماه						
انجام محاسبات شبیه سازی							
تحلیل نتایج و ویرایش پایان نامه							

۹- فهرست منابع و مآخذ*

[1].Kolahalam LA, Viswanath IK, Diwakar BS, Govindh B, Reddy V, Murthy YL. Review on nanomaterials: Synthesis and applications. Materials Today: Proceedings. 2019 Jan 1;18:2182-90.

[2].Pokropivny V, Lohmus R, Hussainova I, Pokropivny A, Vlassov S. Introduction to nanomaterials and nanotechnology. Ukraine: Tartu University Press; 2007.

[3].Santhiran A, Iyngaran P, Abiman P, Kuganathan N. Graphene Synthesis and Its Recent Advances in Applications—A Review. C. 2021 Dec;7(4):76.

[4].Kumar S, Pavelyev V, Mishra P, Tripathi N, Sharma P, Calle F. A review on 2D transition metal di-chalcogenides and metal oxide nanostructures based NO2 gas sensors. Materials Science in Semiconductor Processing. 2020 Mar 1;107:104865.

[5].Hartmann C. Molecular Dynamics. With Deterministic and Stochastic Numerical Methods.

[6].Van Mourik T, Bühl M, Gaigeot MP. Density functional theory across chemistry, physics and biology. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2014 Mar 13;372(2011):20120488.

[7].Dreizler RM, Gross EK. Density functional theory: an approach to the quantum many-body problem. Springer Science & Business Media; 2012 Dec 6.

[8].García A, Papior N, Akhtar A, Artacho E, Blum V, Bosoni E, Brandimarte P, Brandbyge M, Cerdá JI, Corsetti F, Cuadrado R. Siesta: Recent developments and applications. The Journal of chemical physics. 2020 May 29;152(20):204108.

[9].Sánchez-Portal D, Ordejón P, Canadell E. Computing the properties of materials from first principles with SIESTA. Principles and Applications of Density Functional Theory in Inorganic Chemistry II. 2004:103-70.

[10].Arredondo R, Oberkofler M, Schmid K, Schwarz-Selinger T, Jacob W, Neu R. SIESTA: a high current ion source for erosion and retention studies. Review of Scientific Instruments. 2018 Oct 1;89(10):103501.

[11].Atomic LS, Simulator MM. LAMMPS Users Manual.

[12].Adnan A, Sun CT, Mahfuz H. A molecular dynamics simulation study to investigate the effect of filler size on elastic properties of polymer nanocomposites. Composites Science and Technology. 2007 Mar 1;67(3-4):348-56.

[۱۳]. ملک پور, سینا, انصاری خلخالی, درویزه, منصور, صادقی, مصطفی. مطالعه خواص مکانیکی نانوصفحه ی تک لایه ی تنگستن دی سولفید. مهندسی مکانیک مدرس. 2014 4-11:(5)14;10 Aug.

[14].Alian AR, Dewapriya MA, Meguid SA. Molecular dynamics study of the reinforcement effect of graphene in multilayered polymer nanocomposites. Materials & Design. 2017 Jun 15;124:47-57.

[۱۵]. عرب, وزیری, خدارحمی, حسین. شبیه سازی دینامیک مولکولی نانوکامپوزیت های زمینه پلیمری تقویت شده با نانولوله های کربنی. فصلنامه مکانیک هوافضا. 2018 64-55:(1)14;21 Apr.

[16].Long C, Liang Y, Jin H, Huang B, Dai Y. PdSe2: flexible two-dimensional transition metal dichalcogenides monolayer for water splitting photocatalyst with extremely low recombination rate. ACS Applied Energy Materials. 2018 Dec 14;2(1):513-20.

[17].Deng, S., Li, L., & Zhang, Y. (2018). Strain modulated electronic, mechanical, and optical properties of the monolayer PdS2, PdSe2, and PtSe2 for tunable devices. *ACS Applied Nano Materials*, *1*(4), 1932-1939.

[۱۸].پیوسته, اله یاری زاده, قاسم, مینوچهر, عبدالحمید. محاسبه خواص مکانیکی و ترمودینامیکی ساختار C۳ کربید سیلیکون با استفاده از دینامیک مولکولی و نظریه تابعی چگالی. پژوهش سیستم های بس ذره ای. 2019 Feb 20;8(19):22-38.

[19].Betal A, Bera J, Sahu S. Excellent Thermoelectric and Piezoelectric Properties of Differently Stacked Layers of Two-Dimensional Transition Metal Dinitride HfN2. arXiv preprint arXiv:2011.07845. 2020 Nov 16.

[20].Yang J, Bussolotti F, Kawai H, Goh KE. Tuning the Conductivity Type in Monolayer WS2 and MoS2 by Sulfur Vacancies. physica status solidi (RRL)–Rapid Research Letters. 2020 Sep;14(9):2000248.

[۲۱]. دانشمند, حمید, کریمی, عراقچی, مسعود, عسگری, مسعود. تأثیر تجمع صفحات گرافن روی مکانیزم قفل شدن نابجایی‌ها در کامپوزیت نانو چندلایه آلومینیوم/گرافن: مطالعه شبیه‌سازی دینامیک مولکولی. نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر. May 15 2021.

۱۰- آیا برای این طرح از سازمان‌های دیگر درخواست اعتبار شده است؟ (در صورت مثبت بودن جواب، نام سازمان و نتیجه درخواست را با پیوست نمودن مستندات آن بنویسید)

بلی☐ خیر☒

۱۱- سازمان‌های بهره گیرنده از نتایج پژوهش

۱۲- اعتبار موردنیاز

جدول ۵. هزینه‌های پایان‌نامه

ردیف	شرح هزینه	مبلغ به ریال
۱	هزینه تهیه، تدوین، تنظیم و صحافی	۷۰۰۰۰۰۰
۲	هزینه شرکت در مجامع و کنفرانس‌های علمی داخل و خارج از کشور جهت ارائه نتایج حاصل از پایان‌نامه	
۳	سایر هزینه‌ها اعم از خرید مواد شیمیایی، تجهیزات مصرفی و غیر مصرفی، نرم‌افزار و ... (به‌غیراز بندهای ۱ و ۲)	۷۰۰۰۰۰۰
جمع هزینه‌ها		۱۴۰۰۰۰۰۰

۱۳- تعهدات دانشجو

پیشنهاده پایان‌نامه حاضر، با رعایت کامل مندرجات آیین‌نامه اخلاق پژوهشی و قبول مفاد آن و رعایت کامل حقوق مالکیت معنوی دیگران، نتیجه کاوش علمی و نگارش این‌جانب با هدایت استادان محترم راهنما و مشاور است. مسئولیت صحت و اصالت کلیه مطالب مندرج در پیشنهاده حاضر با این‌جانب است و در صورت احراز هرگونه تخلف، حق پیگیری قانونی توسط دانشگاه مازندران محفوظ می‌باشد و این‌جانب با امضای این برگه، حق هرگونه اعتراض را از خویش ساقط می‌نمایم. کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر و نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس و نظایر آن در محیط‌های مختلف از پیشنهاده پایان‌نامه و پایان‌نامه نهایی حاصل از آن نیز برای دانشگاه مازندران محفوظ است. همچنین این‌جانب پیشنهاده پایان‌نامه خود را در سامانه همانندجوی پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران بارگذاری نموده و «گزارش همانندجویی»، «درصد همانندی هر منبع» و «پیشینه» مربوط به پیشنهاده را پیوست نموده‌ام. برابر مستندات پیوست، درصد همانندی پیشنهاده پایان‌نامه با منابع دیگر، ..... درصد است و مستندات همانندجویی به تائید استاد راهنما نیز رسیده است.

امضای دانشجو
نام و نام خانوادگی با قید تاریخ

امضای استاد/استادان راهنما
نام و نام خانوادگی با قید تاریخ

۱۴- مشخصات داوران

جدول ۶. مشخصات داوران منتخب گروه

نام و نام خانوادگی	تخصص	مرتبه علمی	دانشگاه محل خدمت	امضا *	تاریخ
آقای دکترملا علیپور	دکتری تخصصی مکانیک	دانشیار	مازندران		
آقای دکتر حامد سلیمی	دکتری تخصصی شیمی	استادیار	مازندران		
آقای دکترجعفرنژادعلی	دکتری تخصصی مکانیک	استادیار	مازندران		

***امضای داوران ارجمند، به‌منزله تائید طرح پیشنهاده پایان‌نامه حاضر و انجام کامل اصلاحات موردنظر است.**

صورت‌جلسات شورای تحصیلات تکمیلی گروه، کد رهگیری و کمیته تدوین پایان‌نامه و رساله دانشگاه

۱۵- در تاریخ ..... طرح پیشنهاده پایان‌نامه آقای/خانم ..... دانشجوی رشته ..... گرایش..... ورودی سال تحصیلی ..... به شماره دانشجویی ..... در شورای گروه ..... مطرح و مورد تصویب قرار گرفت.

۱۶- کد رهگیری

کد رهگیری: ۱۶۹۴۶۹۵

(بر اساس شیوه‌نامه آموزشی دانشگاه مازندران، دانشجو باید طرح پیشنهاده پایان‌نامه را پس از تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی گروه، در سامانه پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی ایران (Irandoc) ثبت نموده و پس‌ازآن، کد رهگیری را در بند ۱۶ طرح پیشنهاده پایان‌نامه ثبت و رسید پست الکترونیکی ثبت‌نام در سامانه پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی ایران را به اداره آموزش دانشکده به‌منظور درج در پرونده تحویل نماید.)

۱۷- در تاریخ ..... طرح پیشنهاده پایان‌نامه آقای/خانم ..... در «کارگروه تصویب پایان‌نامه و رساله دانشگاه» مطرح و مورد تصویب قرار گرفت.

جدول ۶. فهرست اعضای محترم «کارگروه تصویب پایان‌نامه و رساله‌ی دانشگاه»

اعضای محترم شورا	نام و نام خانوادگی	امضا
مدیر امور پژوهشی و فناوری دانشگاه		
مدیر خدمات آموزشی		
رئیس دانشکده		
معاون پژوهشی دانشکده		
معاون آموزشی دانشکده		
مدیر گروه		
کارشناس پژوهشی دانشکده		

چک‌لیست کنترل پیشنهاده پایان‌نامه و پیوست‌های آن

ردیف	عنوان		کنترل شد				
			دانشجو	استاد راهنمای اول	مدیر گروه	کارشناس پژوهشی	معاون پژوهشی دانشکده
۱	اطلاعات هویتی دانشجو (شماره دانشجویی، شماره تماس و ...)		√				
۲	عنوان فارسی و لاتین/عربی		√				
۳	نام و نام خانوادگی اساتید راهنما و مشاور و تخصص آن‌ها		√				
۴	امضای دانشجو و تاریخ تحویل طرح پیشنهاده پایان‌نامه توسط دانشجو		√				
۵	امضا و تاریخ استاد (ان) راهنما		√				
۶	امضا و تاریخ استاد (ان) مشاور		√				
۷	واژگان کلیدی (فارسی و لاتین)		√				
۸	طرح پیشنهاده پایان‌نامه فاقد اشکالات نگارشی، ویرایشی، صفحه‌آرایی و حروف‌چینی است.		√				
۹	مطابق با الگوی مصوب طرح پیشنهاده پایان‌نامه دانشگاه مازندران		√				
۱۰	صورت‌جلسه شورای تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی به پیوست طرح پیشنهاده پایان‌نامه است.		√				
۱۱	کدرهگیری از ایرانداک اخذ شده است		√				
۱۲	تعهد دانشجو در خصوص رعایت اخلاق پژوهشی و آیین‌نامه‌ها و شیوه‌نامه‌های اجرایی		√				
۱۳	تکمیل هزینه‌های طرح پیشنهاده پایان‌نامه		√				
۱۴	گواهی‌سامانه « همانند جو» به پیوست طرح پیشنهاده پایان‌نامه است	گزارش همانندجویی	√				
		درصد همانندی هر منبع	√				
		پیشینه	√				
۱۵	تأیید طرح پیشنهاده پایان‌نامه توسط شورای تحصیلات تکمیلی (داوران منتخب)		√				

مدیر امور پژوهشی و فناوری دانشگاه

مدیر خدمات آموزشی

مدیر گروه دانشکده .....

معاون پژوهشی دانشکده .....

کارشناس پژوهشی دانشکده .....

دانشجو .....

فهرست منابع

ردیف	نشانی	تعداد کلمات برداشت شده	درصد برداشت
1	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/726586297db2fefa8d9bfee167ec548f	61	%1
2	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/2395acb6f46dc612dabe79d9e9be455d	51	%1
3	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/a4979557fcd52f7c36689d8c3484397c	28	کمتر از یک درصد
4	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/7d9d7da95f2361610578ee18b9f9838e	26	کمتر از یک درصد
5	http://jrmbs.scu.ac.ir/article_14855.html	26	کمتر از یک درصد
6	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/16c496ebfa131137ce3c117686d4a6b5	24	کمتر از یک درصد
7	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/c12a8fb3523845eb63bc03b2bc3b5de8	24	کمتر از یک درصد
8	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/66921a6c3d5373bca6f2810195b37160	24	کمتر از یک درصد
9	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/a83f6cca35cdd06f72fbe35dfa7bd9dc	22	کمتر از یک درصد
10	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/2359f09e2da67244d93dd733cfd106b0	21	کمتر از یک درصد
11	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/293415728aa3d67b1a4d926fbc7e1ae9	15	کمتر از یک درصد
12	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/86bba590d04d07ecc42da3e362a457f0	14	کمتر از یک

13	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/1734a68c93021a155c4c4fb226909c36	14	کمتر از یک درصد
14	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/e3b890556f511846bb4a2f16bc455755	13	کمتر از یک درصد
15	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/6ee61578ff7df12aa2719d58801a3a84	13	کمتر از یک درصد
16	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/a8110cb566756a2407d309438b6ec2f8	11	کمتر از یک درصد
17	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/150532d12b83afbeefbad5a61c6fb75f	11	کمتر از یک درصد
18	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/a8de08ba15dbce6208a8821123a3ee15	10	کمتر از یک درصد
19	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/714f6bd238f5e3c33d786192274fa44b	9	کمتر از یک درصد
20	https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/c4dd583c70255ece7220bfeb094f83e7	8	کمتر از یک درصد

کلیه حقوق محفوظ است.

یک‌شنبه ۱۵ اسفند ۱۴۰۰

کاربر **سیدرحیم مقدسی** - نقش **کاربر**

مؤسسه **دانشگاه مازندران**