

# گزارش از گروه پژوهشی رایانش کوانتومی

گزارش از گروه‌های پژوهشی-آموزشی

## دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف

تهیه گزارش: سیما قاسمی  
زمان تهیه گزارش: بهمن ماه ۱۳۹۰  
اطلاعات آمده در متن، در زمان نوشتن گزارش (تیرماه ۱۳۹۲) به روز شده است.



**گروه رایانش کوانتومی**  
دانشگاه صنعتی شریف.  
دکتر کریمی پور، دکتر  
معمارزاده و دکتر  
رضاخانی به همراه  
دانشجویان تحصیلات  
تکمیلی گروه-۱۳۹۱

گروه رایانش کوانتومی دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۸۰ با شروع کار پژوهشی دکتر وحید کریمی پور در زمینه رایانش کوانتومی، شکل گرفت. اکنون بعد از دوازده سال، سه عضو هیئت علمی (دو استادیار و یک استاد)، هشت دانشجوی دکتری و شش دانشجوی کارشناسی ارشد عضو این گروه هستند. در مدت نسبتاً کوتاهی که از آغاز به کار این گروه می‌گذرد فعالیت‌های زیر همگی از ویژگی‌های خاص گروه رایانش کوانتومی دانشگاه صنعتی شریف شده‌اند:

برگزاری سمینارهای منظم هفتگی به مدت دوازده سال، ارتباط‌های بین‌المللی و مستمر با جامعه‌ی جهانی رایانش کوانتومی، برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی دو سالانه‌ی رایانش کوانتومی در کشور، کیفیت و کمیت بالای کارهای پژوهشی انجام شده در این گروه، تعداد زیاد فارغ‌التحصیلان دکتری و کارشناسی ارشد این گروه و موفقیت آنها در پذیرفته شدن در دوره‌های پسادکتری و دکتری، جذب عضو هیئت علمی جدید در گروه، ارائه‌ی سالانه‌ی درس‌های مرتبط با رایانش کوانتومی به طور مرتب و سالانه.

### اعضای هیئت علمی

به مدل‌های حل‌پذیر تغییر داد. پس از مدت کوتاهی به شاخه‌ی دیگر پژوهشی رو آورد: مدل‌های آماری گسسته و مدل دنیای کوچک. در این سال‌ها چند دانشجوی دکتری و کارشناسی ارشد هم در این زمینه‌ها با او کار کردند و فارغ‌التحصیل شدند. از سال ۱۳۸۰ او با رایانش کوانتومی آشنا شد و پژوهش جدی در این زمینه را آغاز کرد.

#### زمینه‌ی پژوهشی (در رایانش کوانتومی)

رمزنگاری، درهم‌تنیدگی، رایانش کوانتومی توپولوژیک، نگاشت‌ها و کانال‌های کوانتومی.

۱. **سرپرست گروه، استاد دکتر وحید کریمی پور** از اولین فارغ‌التحصیلان دکتری فیزیک در کشور (در دانشگاه صنعتی شریف) است. او در سال ۱۳۷۱ فارغ‌التحصیل شده است و از همان سال عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف بوده است.

عنوان رساله‌ی دکتری او «**کوانتش چند پارامتره گروه‌های لی و کوانتش غیراستاندارد  $SL(n)$** » زیر نظر استاد شاهین روحانی بوده است. او پس از فارغ‌التحصیلی به تدریج زمینه‌ی پژوهشی‌اش را از گروه‌های کوانتومی

معلمی است که فاصله‌ی تحقیق و تعلیمش کم است. معلمی که تحقیق را با یاد دادن به خودش یاد گرفته است و این را راحت منتقل می‌کند.»  
 بعضی از دانشجویان دکتری و کارشناسی ارشد گروه به طور مشترک، زیر نظر دکتر کریمی‌پور و یکی از استاد‌های جوان گروه کار می‌کنند. دانشجویان ارشد گروه هم به دانشجویهای تازه وارد کمک می‌کنند. این ساختار همکاری از بالا به پایین در گروه پخش می‌شود و به رشد گروه و شکل‌گیری همکاری کمک می‌کند.

### دانشجویان و فارغ‌التحصیلان دکتری گروه از ابتدا تا کنون

علی رضاخانی، مرضیه آسوده، نیره مجد، ابوالفضل بیات، لاله معمارزاده، افسانه صدرالاشراف، سحر علی‌پور، سیما باغبان‌زاده، فائزه کیمیایی، میرمحمدرضا کوچکی، اعظم مانی، راضیه محسنی‌نیا، زهرا رئیسی، نجمه تابع بردبار، محمدحسین زارعی

### طعم کارهای پژوهشی گروه

عمده‌ی کارهای پژوهشی گروه، کارهای نظری و تحلیلی هستند. یکی دو مورد کارهای محاسباتی به طور مشترک با استاد‌های دیگر دانشکده انجام شده است و دانشجویان مشترکی هم با استادان محاسباتی کار که در زمینه‌ی سیستم‌های کوانتومی وابسته کار می‌کنند داشته‌اند. دکتر کریمی‌پور می‌گوید: «علاقه داریم یک نفر با مهارت کارهای محاسباتی در گروه داشته باشیم که بتواند کار عددی انجام دهد و کار تحلیلی را کامل کند. جای این فرد در گروه ما خالی است.»

تعدادی از دانشجویان کارشناسی ارشدی که از این گروه فارغ‌التحصیل شده‌اند از ایران رفته‌اند و در همین شاخه ادامه تحصیل داده‌اند. بعضی از آنها وارد کار تجربی در این زمینه شده‌اند. دکتر کریمی‌پور می‌گوید: «گر روزی آنها به ایران برگردند می‌شود گفت یک گروه تحقیقاتی داریم که هم کار نظری می‌کند و هم کار تجربی». کار تجربی و آزمایش‌های این رشته خیلی حساس و دقیق است و تا کنون چنین زمینه‌ای در ایران شکل نگرفته است.

**«دکتر کریمی‌پور این خصوصیت را دارد که کار پژوهشی را درس می‌دهد. این خصوصیت منحصر به فردی است. او معلمی است که فاصله‌ی تحقیق و تعلیمش کم است. معلمی که تحقیق را با یاد دادن به خودش یاد گرفته است و این را راحت منتقل می‌کند.»**

### سمینارها و کنفرانس‌ها و فعالیت‌های بین‌المللی

از مشخصه‌های این گروه برگزاری سمینارهای منظم هفتگی است. در تمام دوازده سال گذشته این گروه هر سه‌شنبه از ساعت ۳ تا ۴:۳۰ بعدازظهر این سمینارها را داشته است. اعضای هیئت علمی، دانشجویان دکتری و کارشناسی ارشد گروه و گاهی دانشجویانی که از خارج دانشگاه می‌آیند همگی در این سمینارها شرکت می‌کنند و هر یک کارهای پژوهشی خود را ارائه می‌کنند. گروه هر ساله دو یا سه پژوهشگر مهمان از کشورهای دیگر دارد. این پژوهشگر معمولاً یک هفته مهمان دانشکده فیزیک و گروه رایانش کوانتومی است. دانشجویان گروه در این مدت کوتاه با او دیدار و بحث علمی دارند.

### ۲. دکتر علی رضاخانی: استادیار دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف (۱۳۸۹-)

• اولین فارغ‌التحصیل دکتری گروه در زمینه رایانش کوانتومی.  
 • فارغ‌التحصیل دکتری در سال ۱۳۸۳. عنوان پایان‌نامه دکتری: «نظریه‌ی اطلاعات کوانتومی: هم‌سان‌سازی» زیر نظر دکتر کریمی‌پور.  
 • سه دوره‌ی پسادکتری به مدت شش سال در: مؤسسه‌ی تبادل علمی تورین ایتالیا، مؤسسه‌ی رایانش کوانتومی در دانشگاه کلگری کانادا، مؤسسه‌ی علم و فناوری اطلاعات کوانتومی در دانشگاه کالیفرنیا جنوبی در ایالات متحده آمریکا.

### زمینه‌ی پژوهشی:

اطلاعات کوانتومی، رایانش کوانتومی (بی‌دررو)، گذار فازهای کوانتومی، نظریه‌ی کنترل کوانتومی، دینامیک سیستم‌های باز کوانتومی، مکانیک آماری (کوانتومی).

### ۳. دکتر لاله معمارزاده اصفهانی: استادیار دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف (۱۳۸۹-)

• فارغ‌التحصیل دکتری در سال ۱۳۸۷. عنوان پایان‌نامه دکتری: «درهم‌تنیدگی و ظرفیت کلاسیک کانال‌های کوانتومی» زیر نظر دکتر کریمی‌پور.  
 • دو دوره‌ی پسادکتری در دانشگاه کمرینو ایتالیا و دانشگاه امپریال کالج لندن.

### زمینه‌ی پژوهشی:

اطلاعات کوانتومی، کانال‌های کوانتومی، همبستگی کوانتومی، سیستم‌های بس ذره‌ای کوانتومی، گذار فاز کوانتومی و توپولوژیک، سیستم‌های کوانتومی باز.

### دانشجویان تحصیلات تکمیلی

انتخاب دانشجوی دکتری در این گروه طبق روال دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف است. دانشکده تعدادی دانشجوی می‌پذیرد، دانشجوی در سال‌های اول درس‌های مختلف می‌گیرد و در سمینارهای مختلفی شرکت می‌کند و پیش از امتحان جامع می‌تواند انتخاب کند که در چه زمینه‌ای و با چه کسی کار کند. در این مرحله، یکی از استاد‌های گروه، کار کوچکی به او می‌سپارد و اگر کار خوبی ارائه کرد جذب گروه می‌شود و به تدریج وارد کارهای پژوهشی گروه می‌شود. تاکنون هفت دانشجوی دکتری و یازده دانشجوی کارشناسی ارشد از این گروه فارغ‌التحصیل شده‌اند.

این گروه هر ساله دو درس را در دانشکده‌ی فیزیک ارائه کرده است: رایانش کوانتومی و اطلاعات کوانتومی. دکتر کریمی‌پور درسنامه‌هایی برای این درس‌ها نوشته‌اند که به سادگی از طریق وبگاه ایشان (<http://sharif.edu/~vahid>) برای همه در دسترس است. این درسنامه‌ها در شکل‌گیری این شاخه و آموزش به دانشجویان در این شاخه در ایران مؤثر بوده است. البته درس‌هایی هم هستند که همکاران جوان گروه برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی گروه ارائه می‌کنند و این درس‌ها بیشتر رنگ‌وبوی پژوهشی دارند.

دکتر کریمی‌پور به تربیت دانشجوی دکتری و چگونگی وارد کردن او به کار پژوهشی بسیار حساس است. دقت و نظم بالایی را که خود در کارهای پژوهشی دارد به خوبی به دانشجویانش منتقل می‌کند. دکتر رضاخانی، اولین دانشجوی دکتری ایشان در این رشته، می‌گوید: «دکتر کریمی‌پور این خصوصیت را دارد که کار پژوهشی را درس می‌دهد. این خصوصیت منحصر به فردی است. او

رفت و آمد این مهمان‌ها در شناخته شدن گروه در جامعه‌ی جهانی رایانش کوانتومی نقش دارد.

**شاخه‌ی رایانش کوانتومی شاخه‌ای نوپا با مسائل داغ و بین‌رشته‌ای است که با رشته‌هایی مثل ریاضیات، علوم رایانش، مهندسی برق، ماده چگال، اپتیک کوانتومی و فیزیک بنیادی در ارتباط است. بنابراین می‌توان انتظار داشت که چه در سطح بین‌المللی و چه در سطح ملی چشم‌انداز روشنی برای جذب فارغ‌التحصیلان در این رشته وجود داشته باشد.**

از دیگر فعالیت‌های گروه برگزاری کنفرانس و مدرسه‌های بین‌المللی است. تاکنون سه دوره کنفرانس و یک دوره مدرسه بین‌المللی برگزار کرده‌اند (<http://icqi.sharif.ir>). در این کنفرانس‌ها افرادی از کشورهای مختلف شرکت می‌کنند. هیچ حمایت مالی‌ای از مهمان‌ها نمی‌شود و آنها خودشان هزینه‌ی سفر و اقامت و شرکت در کنفرانس را می‌پردازند و برگزارکننده فقط محل اقامت سخنران‌ها را تأمین می‌کند. البته حمایت‌های پردیس بین‌المللی دانشگاه صنعتی شریف در کیش و پژوهشگاه دانش‌های بنیادی در کم کردن هزینه‌ها و ساده‌تر کردن کارهای لازم برای سفر مهمان‌ها مؤثر بوده است. همکاری‌های ایرانی هم از شرکت در این همایش‌ها استقبال کرده‌اند. نکته‌ی مهم دیگر این است که کارهای اجرایی این گردهمایی‌ها همگی بر دوش خود گروه بوده است.

چند باری هم کارگاه‌های یک روزه برای شرکت‌کننده‌های داخلی برگزار کرده‌اند که سخنرانان آنها از همکاران ایرانی و خارجی بوده‌اند.

به پیشنهاد این گروه، شهریورماه امسال (۱۳۹۲) اولین کنفرانس ملی اطلاعات کوانتومی را انجمن فیزیک ایران با همکاری دانشگاه شاهرود برگزار می‌کند. اعضای هیئت علمی گروه رایانش کوانتومی دانشگاه صنعتی شریف هم همگی عضو کمیته‌ی علمی این کنفرانس هستند (به صفحه‌ی اخبار انجمن فیزیک ایران، در همین شماره، مراجعه کنید).

### تولیدات علمی گروه

این گروه تا به امروز تعداد زیادی مقاله‌ی پژوهشی از کارهای خود منتشر کرده است. تعداد مقاله‌هایی که حاصل کارهای مشترک انجام شده در این گروه بوده، بیش از ۶۰ مقاله است.

در تحلیل کیفیت کارهای پژوهشی انجام شده در این شاخه باید به این نکته توجه کرد که زمینه‌ی پژوهشی رایانش کوانتومی و اطلاعات کوانتومی زمینه‌ی جدیدی در دنیاست. پژوهشگران ایرانی هم در این شاخه به نسبت تازه‌وارد هستند. اما با این وجود، نگاهی به تعداد مقالات گروه و تعداد ارجاع‌هایی که به آنها داده شده است نشان می‌دهد که آنها در این مدت کم، بسیار خوب کار کرده‌اند و کارشان مورد توجه همکارانشان در این شاخه بوده است. البته دکتر کریمی‌پور معتقد است: «اگر الان این کار را شروع می‌کردیم نتیجه‌ی طور دیگری بود. آدم اول تجربه ندارد و استارت‌های نادرست می‌زند و راه‌هایی می‌رود که بعداً متوجه می‌شود غلط است. به این دلیل که در ایران تجربه نیست و پژوهش و آموزش عالی در ایران نوباست».

در این سال‌ها گروه‌های دیگری در دانشگاه‌های مختلف مثل دانشگاه تبریز، دانشگاه رازی کرمانشاه و دانشگاه اصفهان هم شکل گرفته‌اند که آنها هم در تولیدات علمی رایانش کوانتومی در ایران سهم دارند.

### چشم‌انداز آینده‌ی گروه

شکل‌گیری روند پژوهشی در یک گروه پژوهشی سال‌ها وقت می‌برد و ناگهان به وجود نمی‌آید. کم‌کم بعد از حدود ده سال از شکل‌گیری این گروه و بعد از حدود سه سال از پیوستن اعضای جوان هیئت علمی به این گروه، آنها برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های مشترک و بلند مدت را شروع کرده‌اند. مثلاً دکتر کریمی‌پور به همراه دکتر معمارزاده طرحی پژوهشی با عنوان اطلاعات کوانتومی و کانال‌های کوانتومی را شروع کرده‌اند و برای آن چند دانشجو هم گرفته‌اند. دکتر رضاخانی هم برنامه‌هایی برای طرحی پژوهشی در رایانش کوانتومی بی‌دررو دارند. بنا دارند در این طرح‌ها بیشتر به سمت کارهای منسجم گروهی بروند. البته واضح است که کارهای مستقل پژوهشی جای خود را خواهند داشت.

همچنین از برنامه‌های این گروه، جذب همکار جدید با توانایی محاسباتی است تا بتوانند پژوهش‌های جدیدی را هم که به این توانایی نیاز دارد آغاز کنند. شاخه‌ی رایانش کوانتومی شاخه‌ای نوپا با مسائل داغ و بین‌رشته‌ای است که با رشته‌هایی مثل ریاضیات، علوم رایانش، مهندسی برق، ماده چگال، اپتیک کوانتومی و فیزیک بنیادی در ارتباط است. بنابراین می‌توان انتظار داشت که چه در سطح بین‌المللی و چه در سطح ملی چشم‌انداز روشنی برای جذب فارغ‌التحصیلان در این رشته وجود داشته باشد.

آنچه در جای جای این گزارش به چشم می‌خورد، نقش دکتر کریمی‌پور در شکل‌گیری و رشد و تداوم کارهای گروه است، گروهی حرفه‌ای که تمام نشانه‌های گروهی پژوهشی با استانداردهای بین‌المللی را در خود دارد. او خود در ایران درس خوانده و دکترا گرفته است و حالا کیفیت کارهای پژوهشی و کارهای گروهی به سرپرستی او، توانسته است به غنی شدن دوره‌های تحصیلات تکمیلی و کارهای پژوهشی در ایران کمک کند.

دکتر کریمی‌پور می‌گوید: «امید داریم با تجربه‌ی دوستان جوانی که به ما پیوسته‌اند در ده سال آینده گام‌هایی جدی برداریم و گذشته را به عنوان گرم کردن تلقی کنیم».

این گروه وبگاه کامل و به‌روزی هم دارد که اطلاعات مربوط به اعضا و فعالیت‌های گروه همگی در آن آمده است:

<http://physics.sharif.edu/~qc/>



کنفرانس بین‌المللی اطلاعات کوانتومی، جزیره کیش، ایران، ۱۳۸۹