



# ایجاد مرکز توسعه فناوری‌های کوانتومی در کشور

## سیاست‌ها و برنامه‌های سازمان انرژی اتمی ایران

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی



IMAM KHOMEINI  
INTERNATIONAL UNIVERSITY

ارائه کننده: افسانه احمدی

دکترای سیاستگذاری علم و فناوری

شهریور ماه ۱۳۹۷

مجموعه نشریات

## □ عناوین مطالب

### بخش دوم

سیاست‌ها و  
برنامه‌های سازمان

### بخش اول

گزارش عملکرد  
سازمان تاکنون

حضرت آقای دکتر کریمی نابت

پاکستان، جمہوریہ اسلامیہ، محرم سابقہ، لفظ در اسرار وقت  
نبت بہ تکفیل نام مستعار اقدام راز نیچہ معانی طبع  
عبودیت بعد از ای رایت تمام سزاوار فرہنگ و ادب

لہجہ سنج

بدر غریب خواب و آرزو کریمت  
بہت، کہ جس سوز و گداز از زبہ تری در کلام  
۹۵/۵/۱۵  
ظہن

دنیای از یاد و تجرید در معنی پیوستہ بیدار و گویانہ از

کہ دلت "Quantum entanglement" در تمام جمع

کردہ و عبودیت در کار را آغاز و هرگز چہ

وقت گزارش از بیرون کار با انبساط ارادت



۹۵/۵/۱۵

## □ چرا سازمان انرژی اتمی؟



از وظایف سازمان انرژی اتمی ایران پژوهش و رصد در زمینه علوم و فناوری‌ها، در ابعاد اتمی و زیر اتمی است. سازمان انرژی اتمی ایران به عنوان یکی از پیشگامان توسعه فناوری‌های نوین و راهبردی در سطح ملی، با برخورداری از ظرفیت بالای **نیروهای متخصص** و **زیرساخت‌های فنی**، توسعه فناوری‌های کوانتومی را در دستور کار خود قرار داده است و با پیشنهاد **طرح ملی توسعه فناوری‌های نو ظهور کوانتومی** در کشور این هدف را دنبال می‌کند.

## □ چرا مرکز توسعه فناوری‌های کوانتومی؟

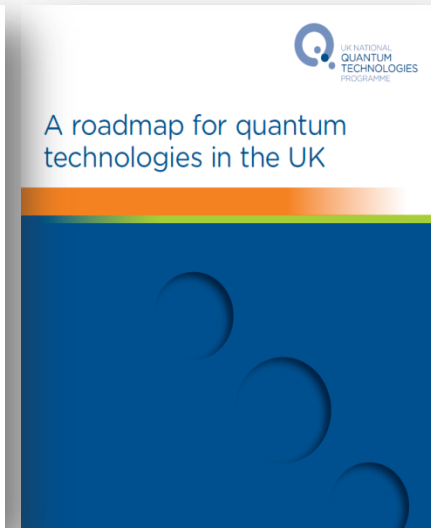
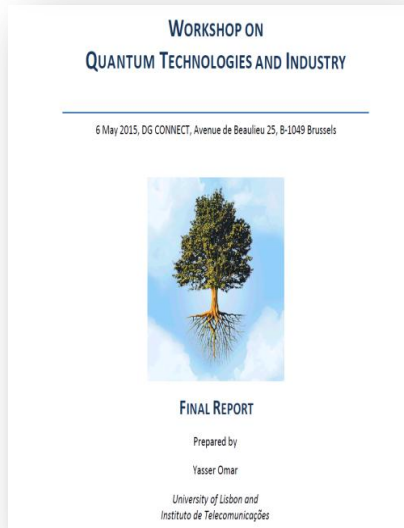
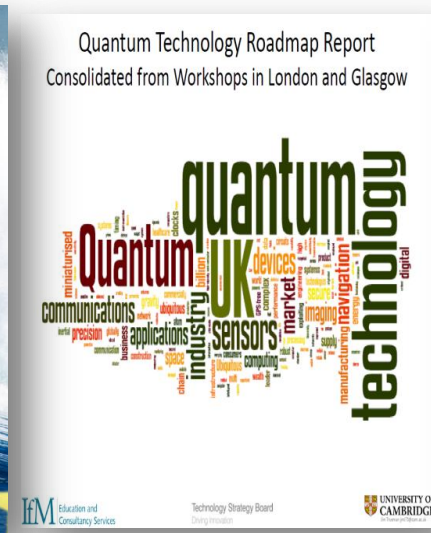
ضرورت و اهمیت لزوم سرمایه‌گذاری جدید در این حوزه از طرفی و محدودیت منابع مالی و سرمایه در کشورمان از سوی دیگر، تصمیم‌گیری صحیح برای مدیران و سیاست‌گذاران را دشوار نموده است. لذا تبیین مسیر راه توسعه این فناوری‌ها و تعیین نهادی برای سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی راهبردی، نظارت بر اجرای طرح‌های پژوهشی، ایجاد همگرایی و یکپارچگی در سرمایه‌گذاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است.

## ❑ تشکیل کارگروه فناوری‌های کوانتومی

### ❑ تشکیل کمیته مشورتی علمی

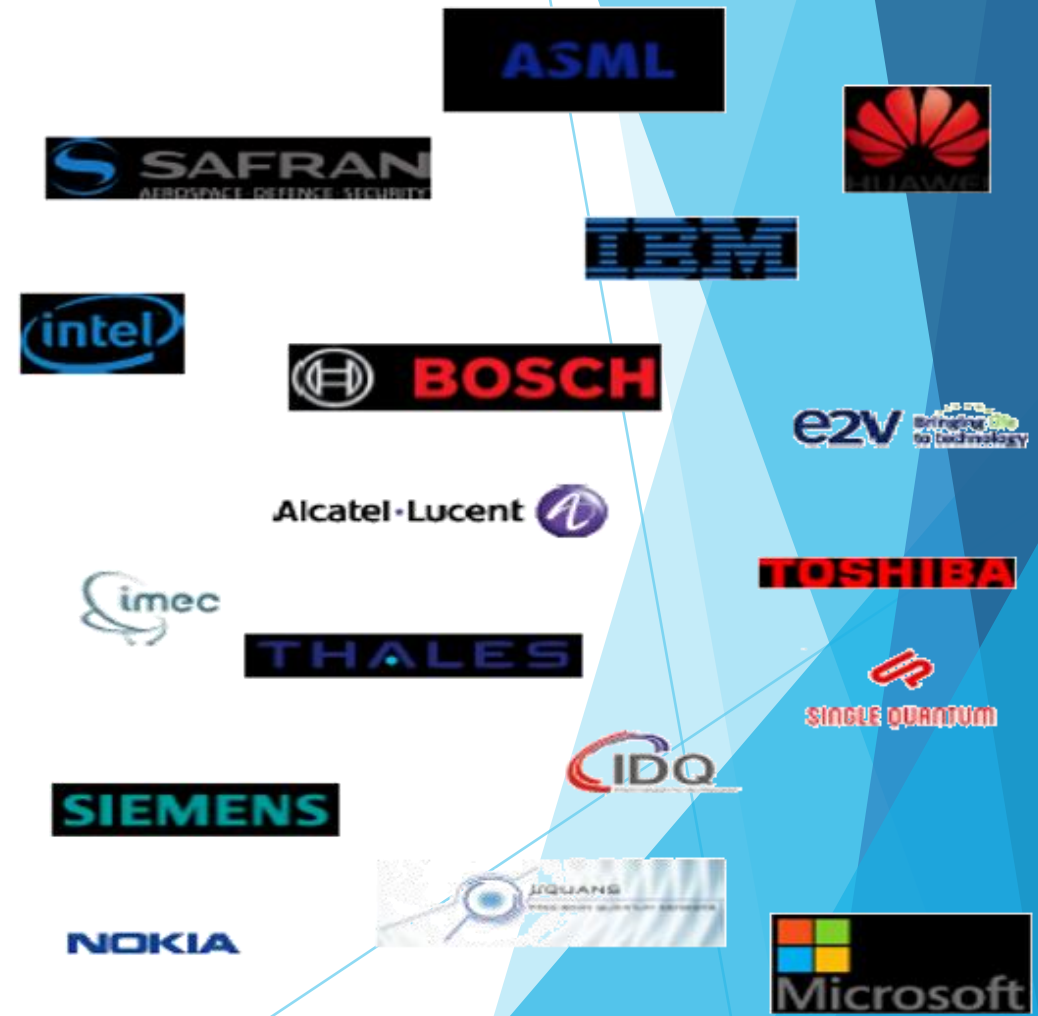
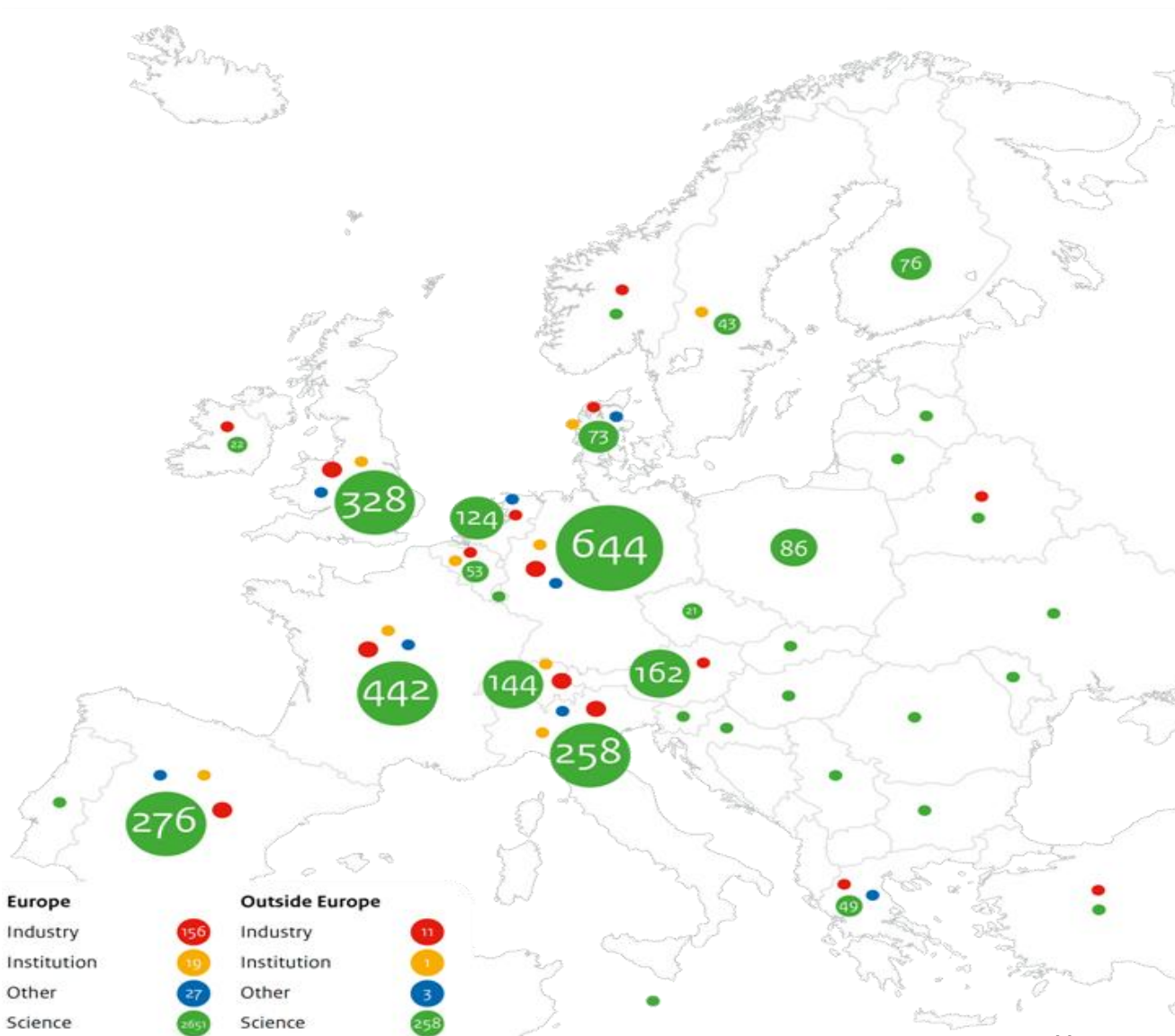
تخصص	محل خدمت	نام و نام خانوادگی	شماره	محور پژوهشی
مهندسی برق - مخابرات - ارتباطات کوانتومی	دانشگاه صنعتی شریف	جواد صالحی	۱	ارتباطات کوانتومی
فیزیک - اپتیک کوانتومی	دانشگاه اصفهان	مالک باقری هارونی	۲	
فیزیک - اپتیک کوانتومی	دانشگاه اصفهان	حمیدرضا محمدی	۳	
فیزیک - محاسبات کوانتومی	دانشگاه صنعتی شریف	علی رضاخانی	۴	اطلاعات و محاسبات کوانتومی
فیزیک - کوانتومی	دانشگاه صنعتی شریف	وحید کریمی پور	۵	
فیزیک - اپتیک کوانتومی	دانشگاه فردوسی مشهد	جواد اخترشناس	۶	
فیزیک - کوانتومی	دانشگاه تهران	زهرا شاطرزاده	۷	
فیزیک ماده چگال - محاسبات کوانتومی	دانشگاه شهید بهشتی	فرزاد قاسمی	۸	
فیزیک	پژوهشگاه دانش‌های بنیادی	امید فیضی	۹	
مهندسی برق - کوانتومی	دانشگاه تهران	حسین آقابابا	۱۰	
برق و الکترونیک - رمزنگاری کوانتومی	دانشگاه کرمانشاه	مصیب ناصری	۱۱	بیولوژی کوانتومی
اپتیک کوانتومی	دانشگاه تبریز	مصطفی صحرايي	۱۲	
شیمی فیزیک - زیست کوانتوم	پژوهشگاه دانش‌های بنیادی	آرش تیرانداز	۱۳	
فیزیک - زیست کوانتوم	دانشگاه صنعتی اصفهان	وحید سالاری	۱۴	مدیریت فناوری کوانتومی
بیوفیزیک - کوانتومی	دانشگاه تهران	محمد حسین کریمی جعفری	۱۵	
مدیریت فناوری	سازمان صنایع دریایی	ابوالقاسم شرایعی	۱۶	مدیریت فناوری کوانتومی
آینده-پژوهی و سیاست-گذاری علم و فناوری	دانشگاه تهران	فاطمه ثقفی	۱۷	

# بررسی اسناد جهان در حوزه فناوری های کوانتومی



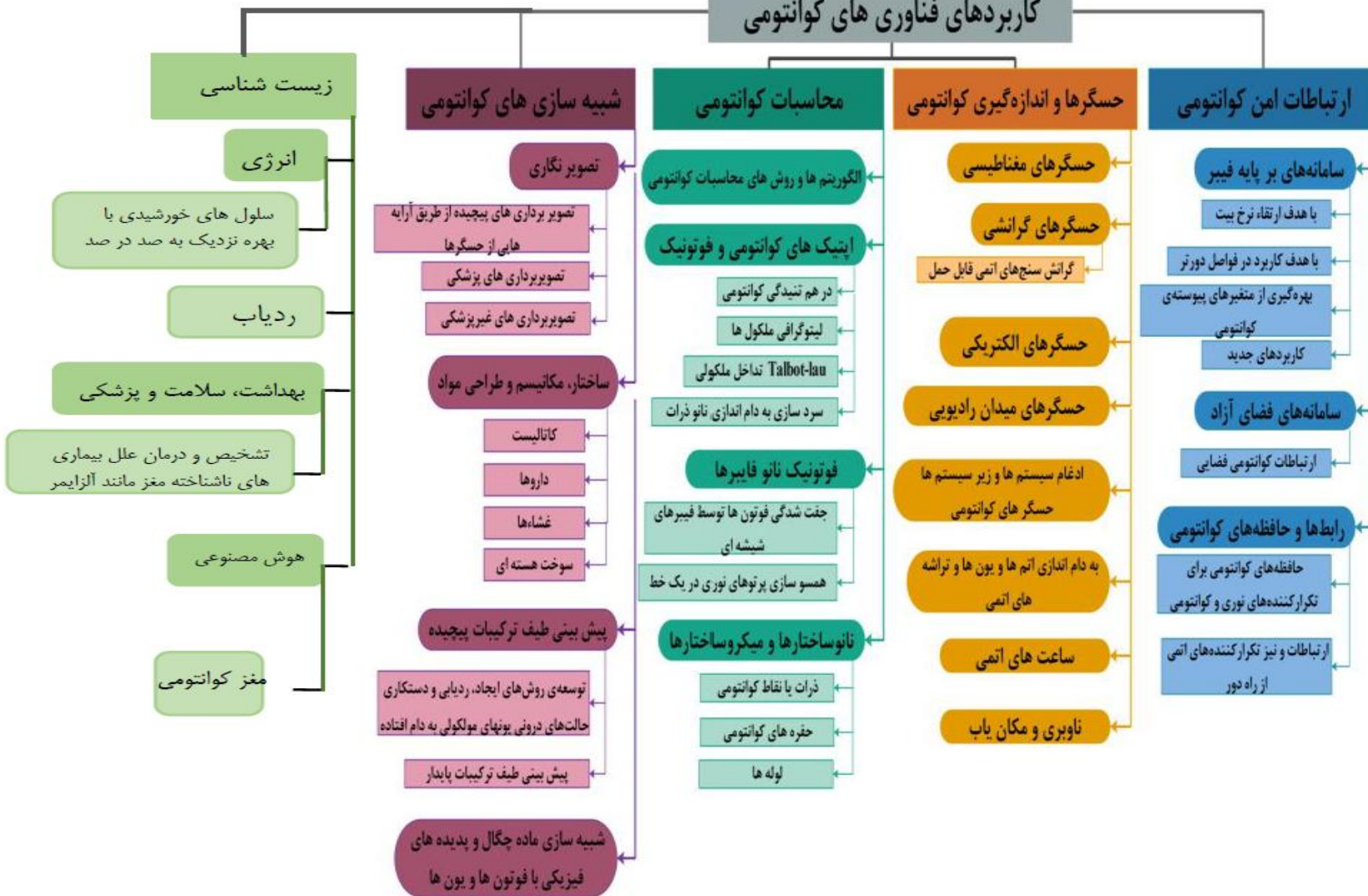


# □ حامیان حوزه فناوری کوانتومی در اروپا



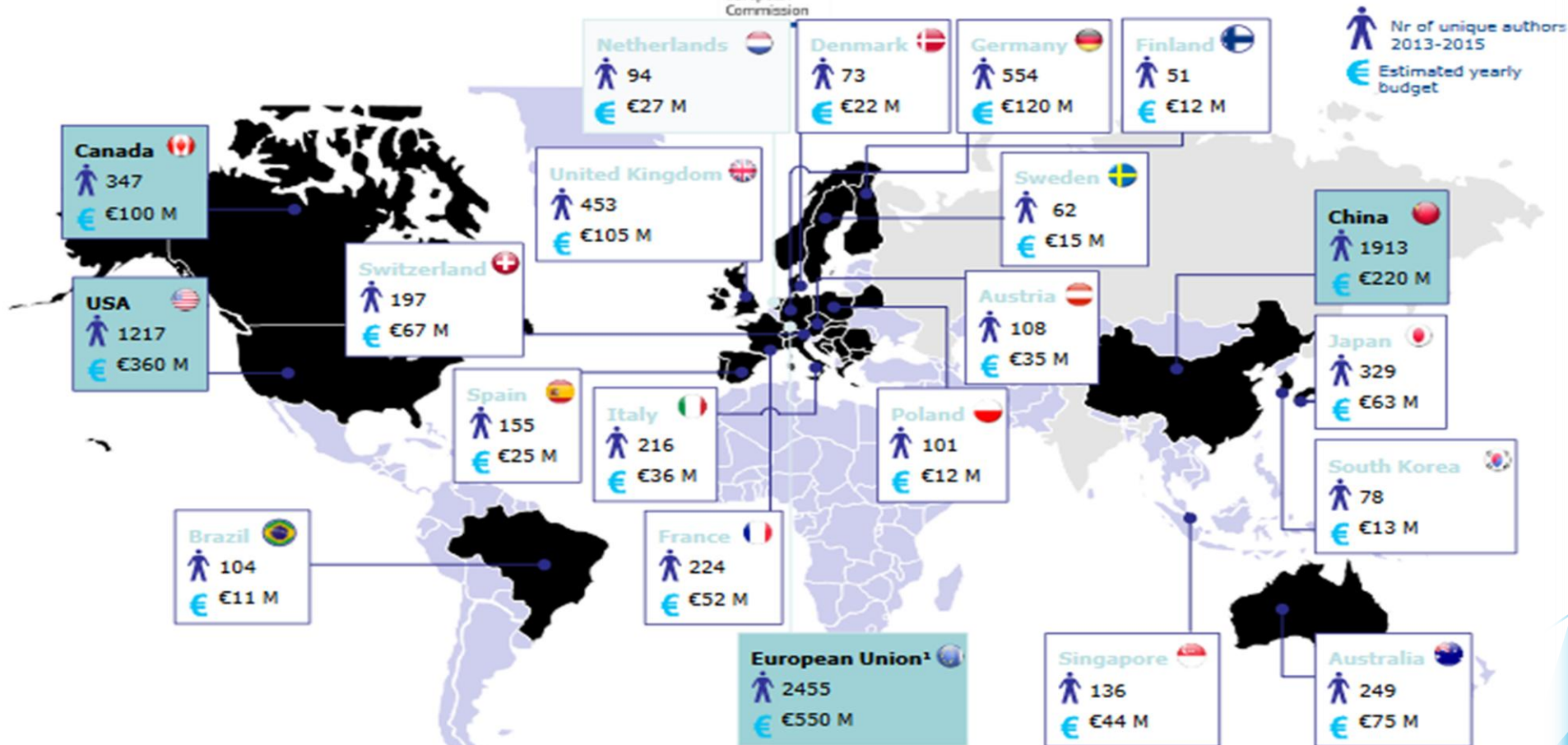
# کاربرد فناوری‌های کوانتومی

## کاربردهای فناوری‌های کوانتومی



# میزان سرمایه‌گذاری جهانی در حوزه‌ی فناوری‌های کوانتومی

~7000 researchers  
1.5 B€ / y -> 5 B€ / y



1 Combined estimated budget of EU countries

SOURCE: Publication search, Mac Kinsey

# □ روند ثبت اختراعات در کشورهای پیشرو

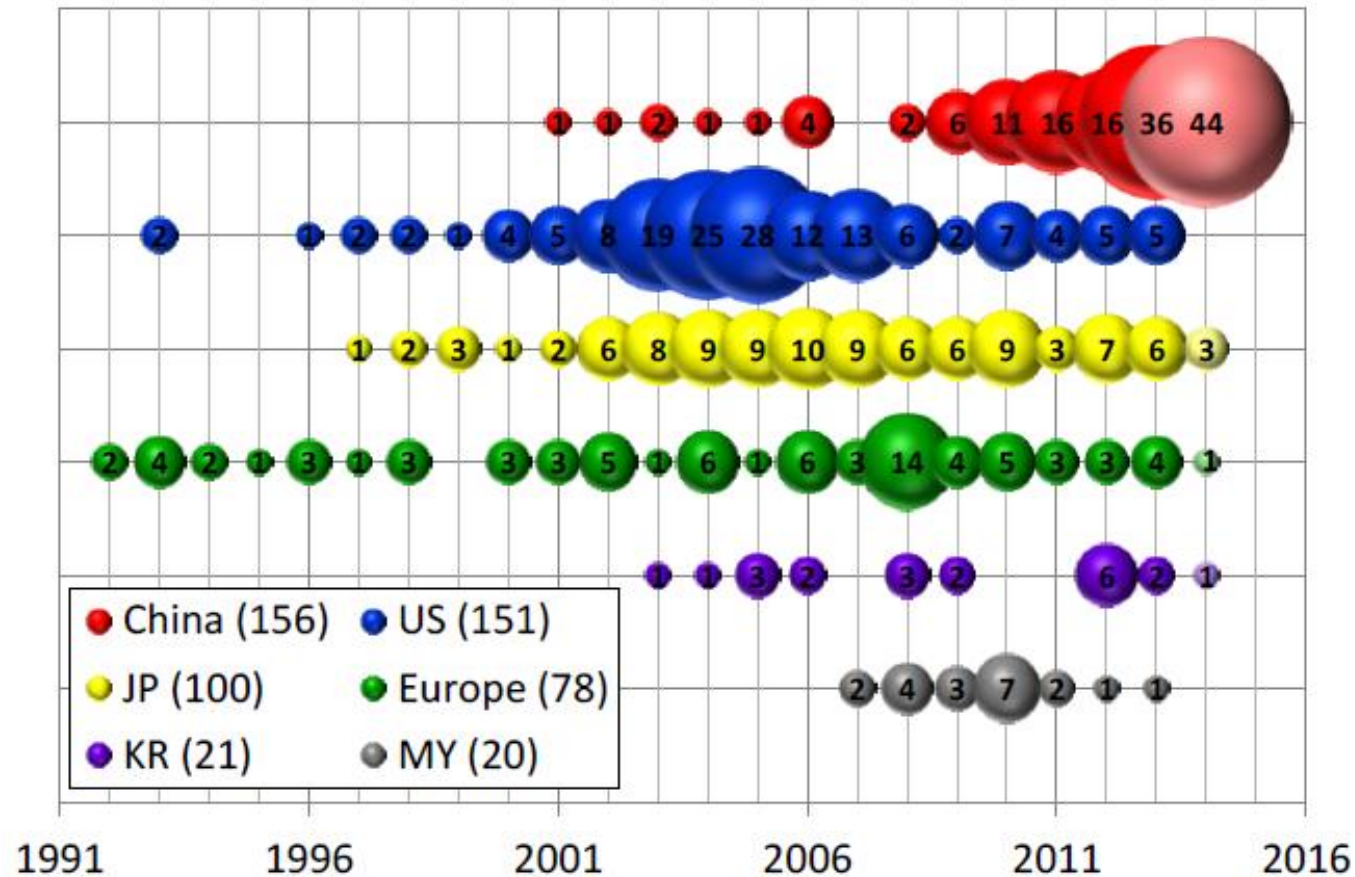


Fig. 1: Patent applications filed by applicants headquartered in different countries, for each priority date year. Europe comprehends UK (30 applications), FR (9), CH (7), DE (7), IT (6), ES (5), AT (4), FI (3), BE (2), GR (2), IE (1), LU (1), and RO (1). Applicants to the Chinese national patenting authority may renounce the 18-months non-disclosure period that is generally observed in all other countries, thus at least in part skewing the application counts for 2014.

# □ مروری بر سیاست‌های مندرج در اسناد بالادستی کشور

– سند چشم انداز ۱۴۰۴

- ▶ ایران کشوری است توسعه یافته با جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در سطح منطقه، با هویت اسلامی و انقلابی، الهام بخش در جهان اسلام و با تعامل سازنده و مؤثر در روابط بین‌الملل
- ▶ سیاست‌های کلی علم و فناوری
- ▶ دستیابی به علوم و فناوری‌های پیشرفته با سیاست‌گذاری و برنامه ریزی ویژه.
- ▶ سیاست‌ها و اولویت‌های پژوهش و فناوری کشور در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ (روزنامه رسمی کشور – شورای عالی عتف) (۱۷/۸/۱۳۹۶) بر مبنای مصوبه ۱۳۹۵/۰۲/۰۱ هیئت وزیران تعیین نظام سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری و تعیین محورهای پژوهش‌های راهبردی و ملی مورد نیاز، بر مبنای رویکرد آینده پژوهی در چارچوب اسناد بالادستی بر عهده سازمان عتف می باشد
- ▶ توسعه ابزارها و رویکردهای امن سازی اطلاعات و شبکه های ارتباطی

## اسناد بالادستی - نقشه جامع علمی کشور (اولویت‌ها)

### اولویت‌های الف

#### در فناوری<sup>۱</sup>:

فناوری هوافضا- فناوری اطلاعات و ارتباطات - فناوری هسته ای<sup>۲</sup> - فناوری‌های نانو و میکرو - فناوری‌های نفت و گاز - **فناوری زیستی** - فناوری‌های زیست محیطی<sup>۳</sup> - فناوری‌های نرم و فرهنگی؛

#### در علوم پایه و کاربردی:

ماده چگال - سلول‌های بنیادی و پزشکی مولکولی - گیاهان دارویی - بازیافت و تبدیل انرژی - انرژی‌های نو و تجدیدپذیر - **رمزنگاری و کدگذاری** - علوم شناختی و رفتاری؛

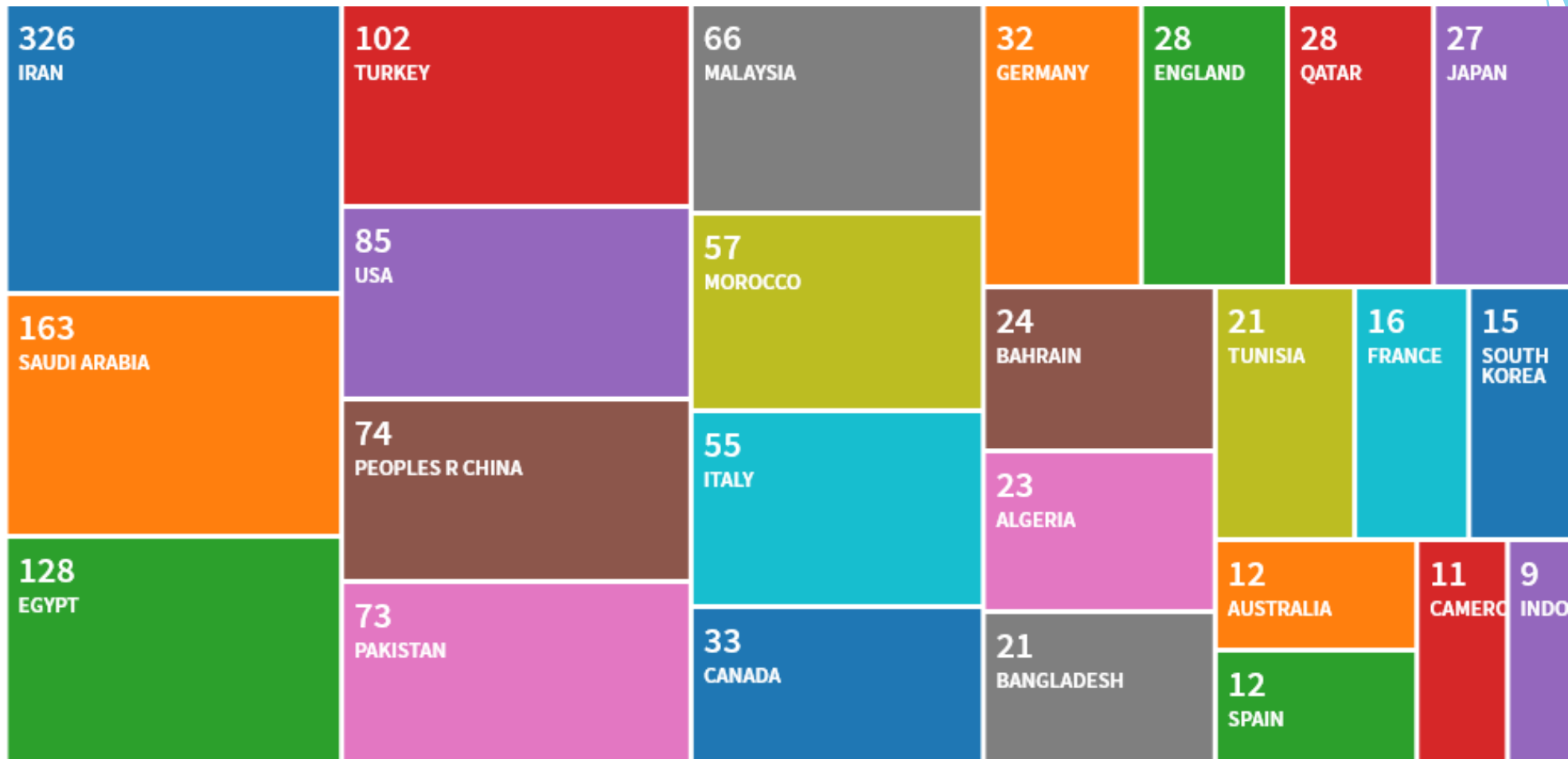
### اولویت‌های ب

#### در فناوری:

لیزر - فوتونیک - زیست حسگرها - حسگرهای شیمیایی - مکاترونیک - خودکارسازی و رباتیک - نیم‌رساناها - کشتی‌سازی - مواد نو ترکیب - بسپارها (پلیمرها) - حفظ و احیای ذخایر ژنی - اکتشاف و استخراج مواد معدنی - پیش بینی و مقابله با زلزله و سیل - پدافند غیرعامل؛

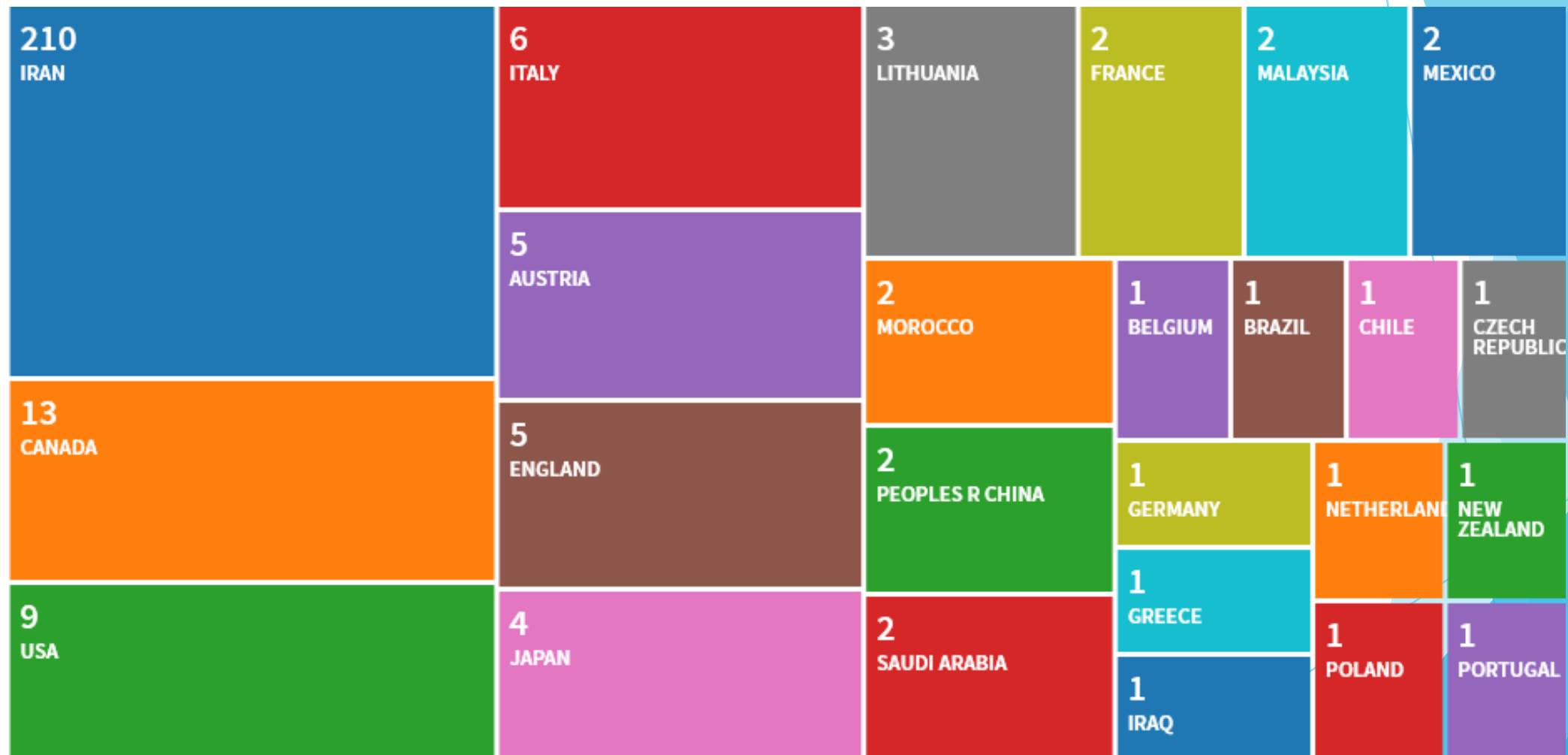
#### در علوم پایه و کاربردی:

ژئوفیزیک - ایمنی زیستی - بیو انفورماتیک - اپتیک - فیزیک انرژی‌های بالا و ذرات بنیادی - محاسبات و پردازش اطلاعات کوانتومی - نجوم و کیهان‌شناسی - فیزیک اتمی و شتابگرها - علوم ژنی - محاسبات نرم و سیستم‌های فازی - توپولوژی؛

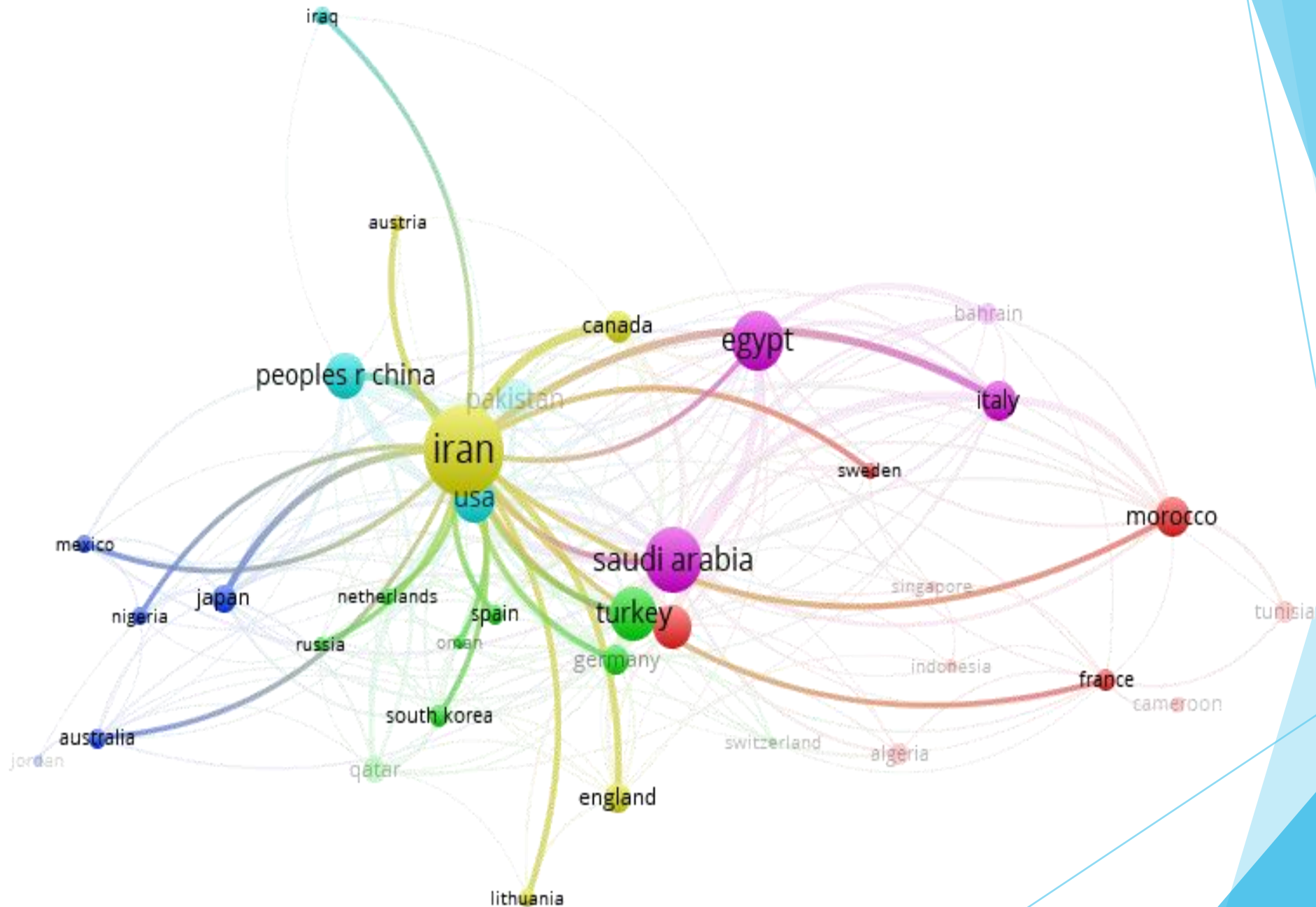


مقالات  
منتشر شده  
در کشورهای  
اسلامی در  
حوزه  
فناوری های  
کوانتومی

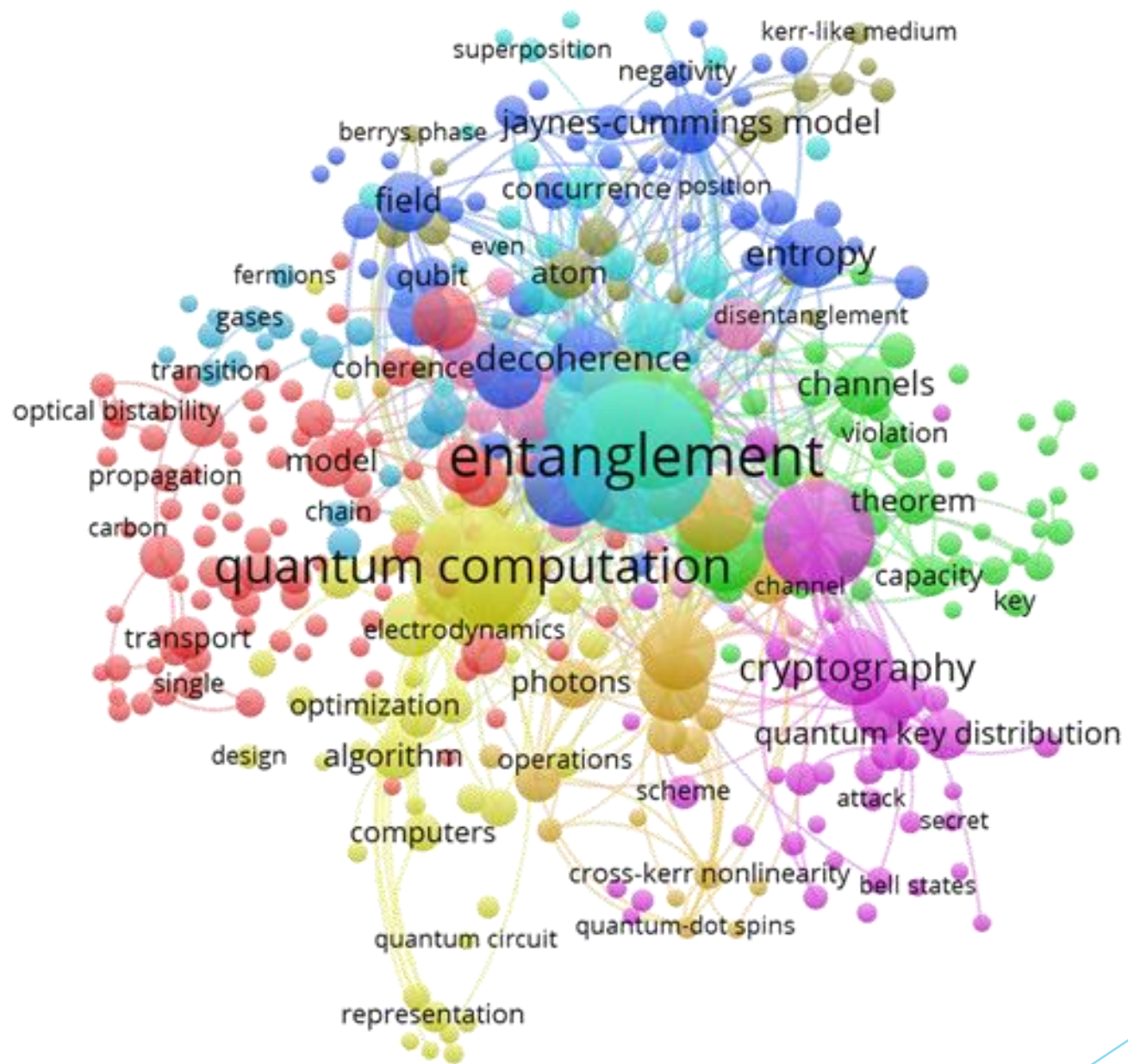
# □ مقالات منتشر شده در ایران در حوزه محاسبات و اطلاعات کوانتومی





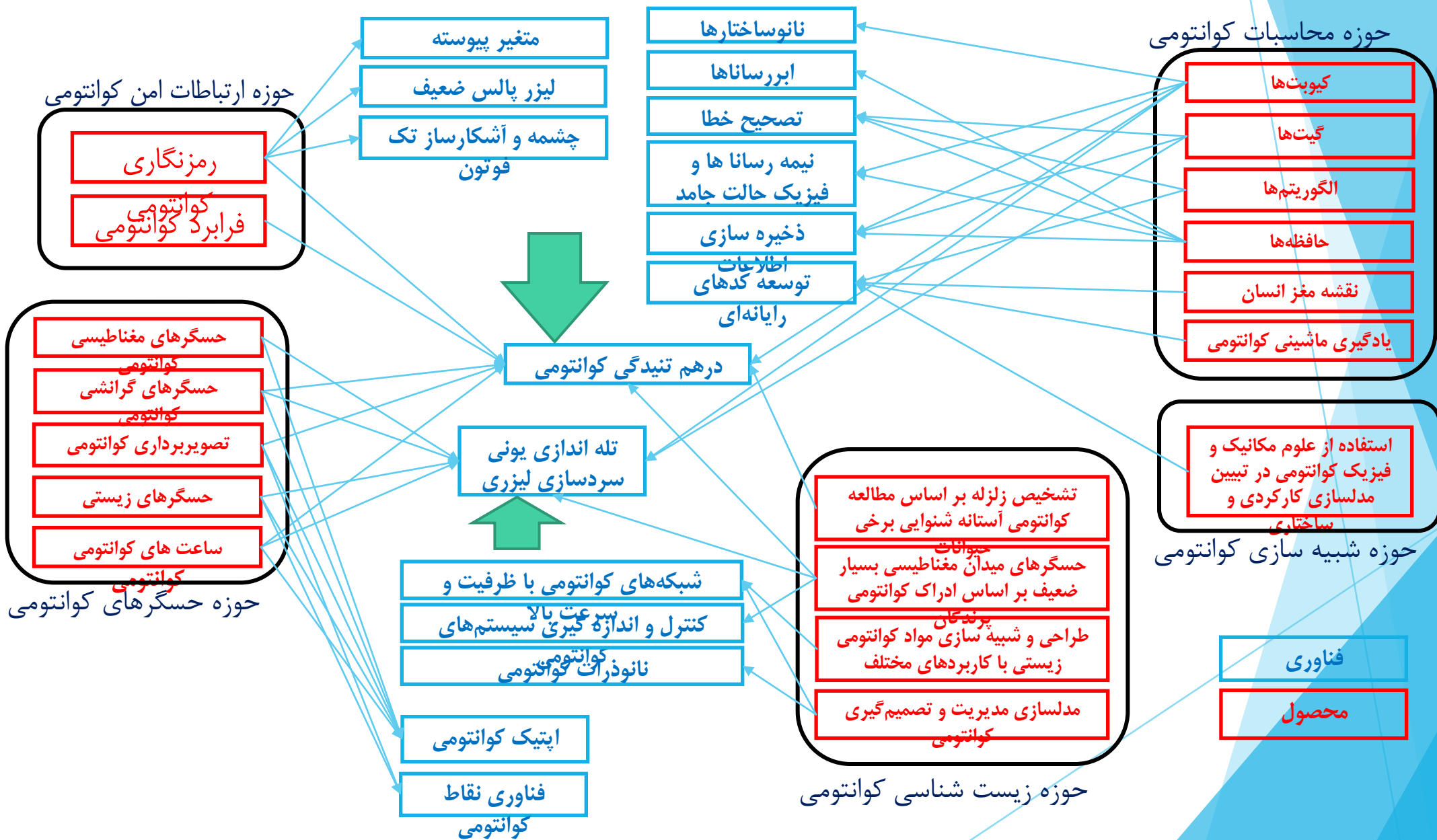


همکاری  
ایران با  
کشورهای  
دیگر در  
حوزه  
فناوری های  
کوانتومی در  
نشر مقالات

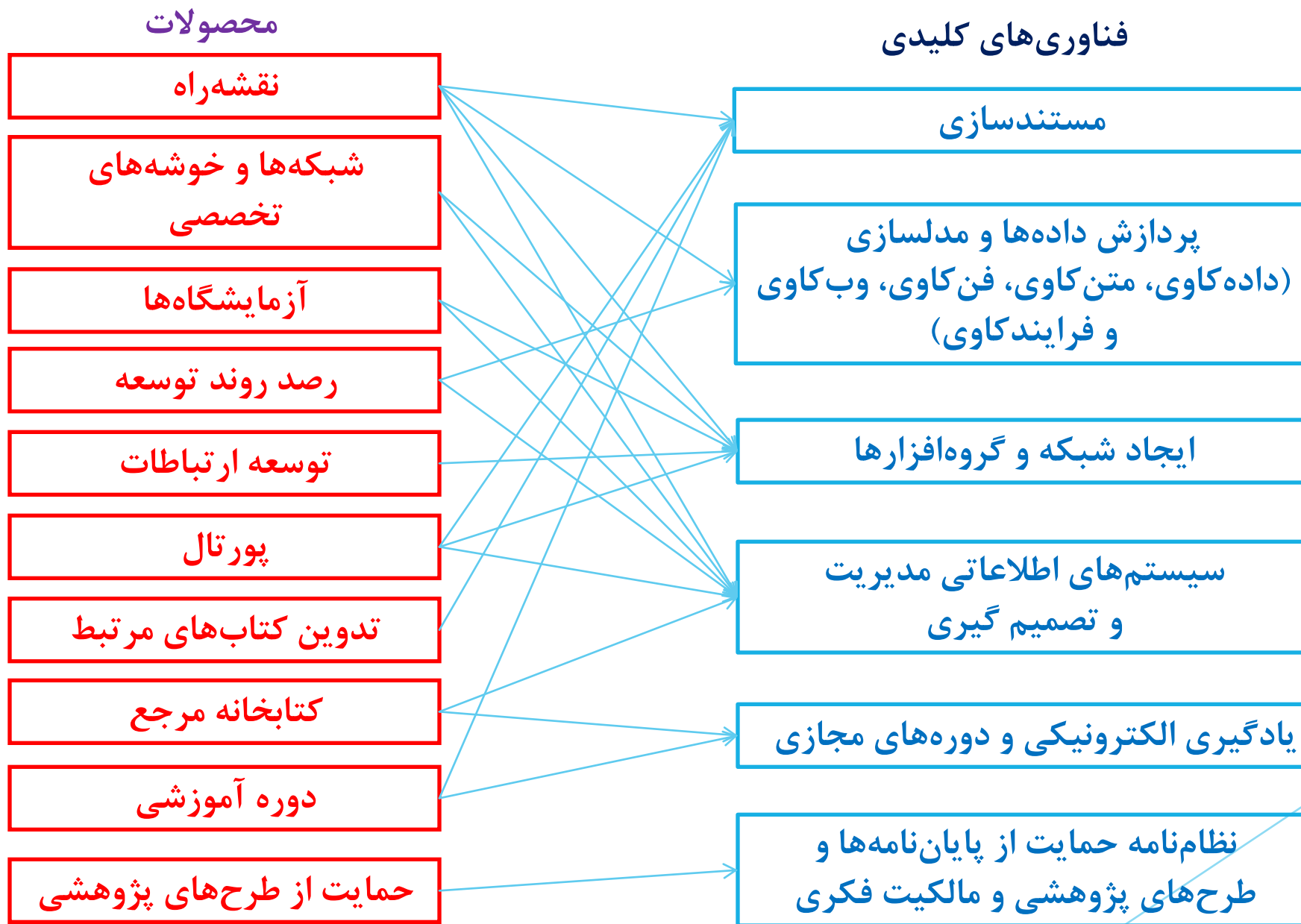


زمینه‌های  
پژوهشی مورد  
علاقه در حوزه  
فناوری  
کوانتومی

# محصولات و فناوری‌های کلیدی در حوزه فناوری‌های کوانتومی



# محصولات و فناوری‌های حوزه مدیریت فناوری‌های کوانتومی



نقشه راه فناوری های کوانتومی در MID level در حوزه ارتباطات کوانتومی

مراحل توسعه		۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۳	۱۴۰۴	
		کوتاه مدت	میان مدت			بلند مدت				
محرک ها	کاربردهای کلیدی	ارتباطات امن			اینترنت امن		مخابرات امن			
محصولات هدف		رمزنگاری کوانتومی (QKD)			فرابرد کوانتومی					
ویژگی های فناوری		بلوغ								
فناوریهای کلیدی	TRL <sub>۱</sub>	چشمه و آشکارساز تک فوتون (از سطح ۱ به سطح ۶)								
	TRL <sub>۲</sub>	منعبرهای ییوسنه (از سطح ۱ به سطح ۱)								
	TRL <sub>۳</sub>	لیزر پالس ضعیف (از سطح ۱ سطح ۱)								
	TRL <sub>۴</sub>									
	TRL <sub>۵</sub>									
	TRL <sub>۶</sub>									
	TRL <sub>۷</sub>									
	TRL <sub>۸</sub>									
	TRL <sub>۹</sub>									
منابع انسانی		نیروی انسانی فوق لیسانس و دکتری								
نیازمندها		آزمایشگاه اپتیک کوانتومی پیشرفته			آزمایشگاه تکرار کننده کوانتومی					
زیر ساخت										

نقشه راه فناوری های کوانتومی در MID level در حوزه حسگرهای کوانتومی

مراحل توسعه		۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۳	۱۴۰۴
		کوتاه مدت	میان مدت			بلند مدت			
محرک ها	کاربردهای کلیدی	نابوری		اندازه شناسی		اکتشاف ذخایر			
		پزشکی							
محصولات هدف		حسگر مغناطیسی		ساعت کوانتومی		حسگر گرانشی			
		حسگر زیستی		تصویربرداری کوانتومی					
ویژگی های فناوری		هزینه		زمان دستیابی		دقت		سرعت	
		توانمندی در دستیابی		حسابیت					
فناوریهای کلیدی		TRL <sub>1</sub>							
		TRL <sub>2</sub>		اینجک کوانتومی (از سطح ۲ به سطح ۵)					
		TRL <sub>3</sub>		سردسازی لیزری (از سطح ۲ سطح ۵)					
		TRL <sub>4</sub>		درهم تنیدگی کوانتومی (از سطح ۲ به سطح ۶)					
		TRL <sub>5</sub>		تلفات کوانتومی (از سطح ۳ به سطح ۵)					
		TRL <sub>6</sub>							
		TRL <sub>7</sub>							
		TRL <sub>8</sub>							
		TRL <sub>9</sub>							
منابع انسانی		نیروی انسانی فوق لیسانس و دکتری							
نیازمندیها	زیر ساخت	آزمایشگاه حالت جامد:							
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• نیمه رسانا</li> <li>• اپر سانا</li> <li>• ماده چگال</li> <li>• لایه نشانی</li> </ul>							
		آزمایشگاه اینجک کوانتومی		آزمایشگاه الکترونیک کوانتومی					
		آزمایشگاه سردسازی و تله اندازی یونی							
		آزمایشگاه نفوساختارها و تلفات کوانتومی							
		آزمایشگاه شیمی و بیوشیمی کوانتومی							
		آزمایشگاه اینومگنتیک کوانتومی		آزمایشگاه زیست شناسی کوانتومی					

نقشه راه فناوری های کوانتومی در MID level در حوزه محاسبات کوانتومی

مراحل توسعه		۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۳	۱۴۰۴	
		کوتاه مدت	میان مدت			بلند مدت				
محرک و کلیدی	کاربردهای کلیدی	رمز نگاری		بادگیری		شبیه سازی های کوانتومی				
		فرآیند کوانتومی		علوم شناختی		تصویر برداری				
محصولات هدف		الگوریتم ها		حافظه ها		کیت ها		نقشه مغز انسان		
		کیوبیت ها		بادگیری ماشینی کوانتومی						
ویژگی های فناوری		خطا		دقت		بازده		حسابیت		
فناوریهای کلیدی		TRL <sub>1</sub>	درجه بندی (از سطح ۱ به سطح ۴)							
		TRL <sub>2</sub>	تله اندازی یونی و سردسازی (از سطح ۲ به سطح ۵)							
			ایبرساناها (از سطح ۲ به سطح ۴)							
			ذخیره سازی اطلاعات (از سطح ۲ به سطح ۴)							
		TRL <sub>3</sub>	نقوشاخترها (از سطح ۳ به سطح ۵)							
		TRL <sub>4</sub>	توسعه کدهای کامپیوتری (از سطح ۴ به سطح ۹)							
		TRL <sub>5</sub>	تصحیح خطا (از سطح ۵ به سطح ۹)							
		TRL <sub>6</sub>	نیمه رساناها و فیزیک حالت جامد (از سطح ۶ به سطح ۹)							
		TRL <sub>7</sub>								
TRL <sub>8</sub>										
TRL <sub>9</sub>										
منابع انسانی		نیروی انسانی فوق لیسانس و دکتری								
نیازمندها زیر ساخت		<p>آزمایشگاه حالت جامد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• نیمه رسانا</li> <li>• ایبرسانا</li> <li>• ماده چگال</li> <li>• لایه نشانی</li> </ul>								
		<p>آزمایشگاه الکترونیک کوانتومی</p> <p>آزمایشگاه سردسازی و تله اندازی یونی</p> <p>آزمایشگاه شبکه ها و پردازش سریع</p> <p>آزمایشگاه نانو ساختارها و تقاطع کوانتومی</p> <p>آزمایشگاه اینتیک کوانتومی</p>								

نقشه راه فناوری های کوانتومی در MID level در حوزه شبیه سازی کوانتومی

مراحل توسعه		۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۳	۱۴۰۴		
		کوتاه مدت	میان مدت			بلند مدت					
معرف ها	کاربردهای کلیدی	شبیه سازی کوانتومی در حوزه لیزیک ثرات بنیادی، گیمان شناسی و لیزیک هسته ای		درک مسائل پیچیده مانند تبدیل فلزهای کوانتومی و ابررسانایی در دماهای فوق بحرانی							
		انجام محاسبات و شبیه سازی ها در رایانه های کلاسیک									
محصولات هدف		استفاده از علوم مکانیک و لیزیک کوانتومی در تبیین مدل سازی گلر کردی و ساختاری			به بخش محاسبات کوانتومی رجوع شود						
ویژگی های فناوری		سرعت	دقت	به بخش محاسبات کوانتومی رجوع شود							
فناوریهای کلیدی		TRL <sub>1</sub>									
		TRL <sub>2</sub>									
		TRL <sub>3</sub>									
		TRL <sub>4</sub>	توسعه کدهای کامپیوتری (از سطح ۴ به سطح ۹)								
		TRL <sub>5</sub>	ارجاع شود به فناوری های محاسبات کوانتومی								
		TRL <sub>6</sub>									
		TRL <sub>7</sub>									
		TRL <sub>8</sub>									
		TRL <sub>9</sub>									
منابع انسانی		نیروی انسانی فوق لیسانس و دکتری									
نیازمندها		آزمایشگاه حالت جامد:									
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• تیمر سانا</li> <li>• ابررسانا</li> </ul>									
		آزمایشگاه الکترونیک کوانتومی									
		آزمایشگاه سردسازی و تله اندازی بونی									
		آزمایشگاه شبکه ها و پردازش سریع									



نقشه راه فناوری های کوانتومی در MID level در حوزه زیست شناسی کوانتومی									
مراحل توسعه		۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۳	۱۴۰۴
		کوتاه مدت	میان مدت	بلند مدت					
تجربگی و	کلیدی	سلول های خورشیدی		هوش مصنوعی		مغز کوانتومی			
		علوم شناختی		درمان و تشخیصی بیماری ها					
محصولات هدف		شبهه های کوانتومی با ظرفیت پردازش بالا		پنل های خورشیدی کوانتومی با بهره بالا					
		مدل سازی تصمیم گیری کوانتومی							
ویژگی های فناوری		باین بودن خطا، دقت بالا، باز ده بالا، حساسیت بالا							
فناوریهای کلیدی	TRL <sub>۱</sub>	یادگیری عمیق (از سطح ۱ به سطح ۴)							
		فوتوسنتز مصنوعی (از سطح ۱ به سطح ۴)							
		الگوریتم های مقایسه ای کوانتومی در حوزه تشخیص (از سطح ۱ سطح ۷)							
	TRL <sub>۲</sub>								
	TRL <sub>۳</sub>	درهم تیندگی فوتونی (از سطح ۳ به سطح ۶)							
	TRL <sub>۴</sub>								
	TRL <sub>۵</sub>								
	TRL <sub>۶</sub>								
	TRL <sub>۷</sub>								
TRL <sub>۸</sub>									
TRL <sub>۹</sub>									
منابع انسانی		نیروی انسانی فوق لیسانس و دکتری							
نیازمندها		آزمایشگاه کوانتوم اپتیک		آزمایشگاه زیست شیمی		آزمایشگاه شبکه پردازش موازی			

## □ سیاست‌های سازمان

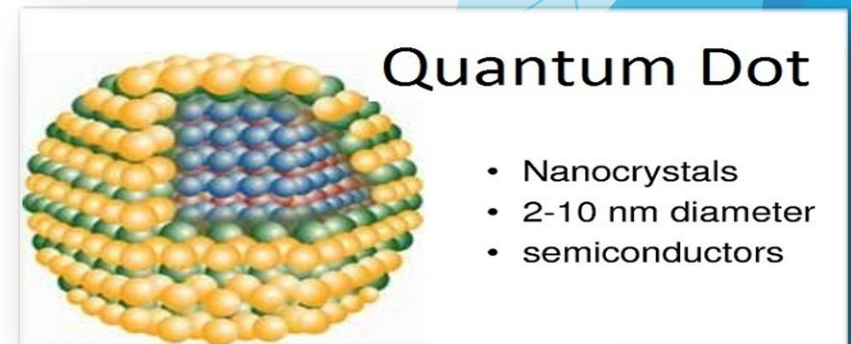
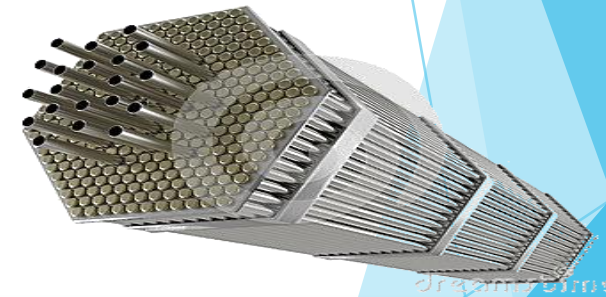
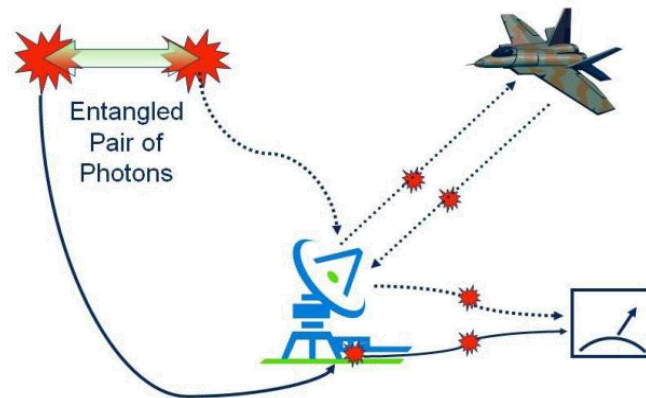
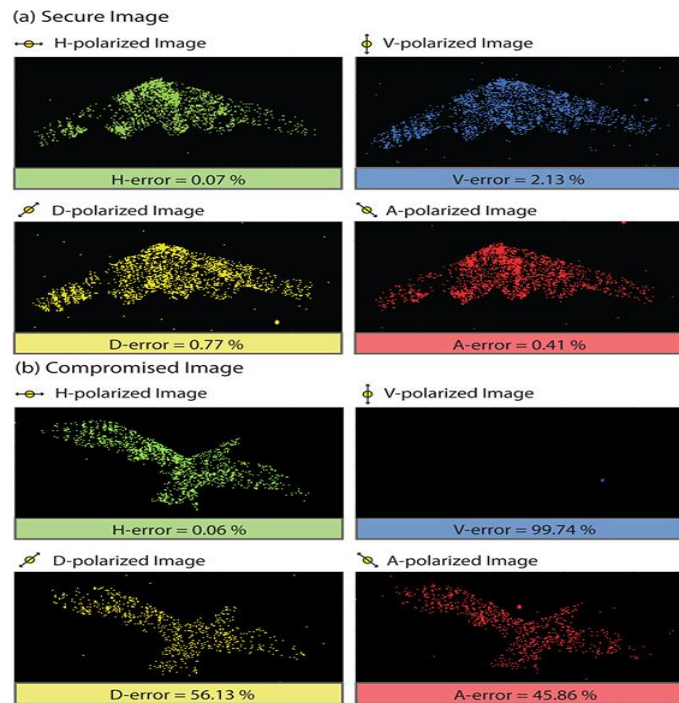
- ✓ سیاست‌گذاری و نظام‌مند نمودن فرآیند تحقیق و توسعه در حوزه فناوری‌های کوانتومی
- ✓ کسب و توسعه دانش فنی و ارتقاء سطح فناوری در حوزه توسعه و کاربرد فناوری‌های کوانتومی
- ✓ ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در حوزه فناوری‌های کوانتومی
- ✓ بسط و گسترش ارتباطات و همکاری‌های پژوهشی و آموزشی با مؤسسات، سازمان‌ها و نهادهای ملی و بین‌المللی و ایجاد شبکه‌های تخصصی
- ✓ جذب، نگهداشت، آموزش و تربیت نیروی انسانی متخصص در حوزه فناوری‌های کوانتومی و فعالیت‌های ترویجی
- ✓ هدف‌مندی حمایت مالی، سرمایه‌گذاری و هزینه‌کرد در راستای افزایش کارآمدی حوزه فناوری‌های کوانتومی
- ✓ تجاری‌سازی و تقویت اکوسیستم پژوهشی و فناوری با تعیین مکانیسم‌های لازم مانند ایجاد و تقویت شرکتهای دانش‌بنیان حوزه فناوری کوانتومی و حمایت از شکل‌گیری استارت‌آپ‌های حوزه فناوری کوانتومی
- ✓ مشروعیت بخشی به فناوری‌های کوانتومی در کشور
- ✓ ایجاد بازار و تقاضا برای توسعه فناوری‌های کوانتومی

## □ دستاوردهای مورد انتظار

- ✓ ارتقای سطح علم و فناوری کشور
- ✓ افزایش توان اقتصادی و تولیدات پیشرفته در کشور
- ✓ اشتغال‌زایی در زمینه مشاغل پیشرفته
- ✓ بالا بردن شاخص‌های سلامت کشور
- ✓ بالا بردن شاخص‌های امنیت و اطلاعات ملی
- ✓ تربیت نیروی انسانی ماهر و جلوگیری از خروج نخبگان کشور
- ✓ ایجاد مرکز پیشرفته تحقیقاتی به عنوان یکی از مراکز پیشرفته در منطقه و جهان در زمینه فناوری کوانتومی

# □ طرح‌های پیشنهادی در سند اولیه

- ۱- بررسی درهم‌تنیدگی کوانتومی پرتوهای فوتونی به روش تجربی و کاربرد آن در طراحی رادار کوانتومی
- ۲- امکان‌سنجی توسعه‌ی نرم‌افزار (کد محاسباتی) شبیه‌ساز چندمقیاسی سوخت هسته‌ای
- ۳- بررسی نقاط کوانتومی و کاربردهای بالقوه پزشکی آن برای دزیمتری پرتوهای یونیزان



# بایسپاس فراوان