

## QProjects: a Step into Primary Research with Quantum Computing and Qiskit

کد پروژه: #IR-Qproject101\_6

**عنوان:** بهینه سازی ولگشت کوانتومی تک بعدی و دوبعدی با استفاده از طراحی فاز حالت اولیه کیوبیت های وضعیت

**Title:** One and two-dimensional Quantum Walk Optimization Using Initial State Phase Design of State Qubits

سطح پروژه: متوسط

تعداد اعضای موردنیاز گروه: (3 نفر)

مربی دوره: حسین خبازی پور / Hossein Khabazipour

**پیش نیازها:** ریاضیات پایه (جبر خطی، بردار، ماتریس و تبدیل فوریه) / محاسبات کوانتومی / آشنایی با کیسکیت / آشنایی با ولگشت کلاسیکی و زنجیره ماکوف

چکیده فارسی:

بسیاری از الگوریتم های کلاسیک مبتنی بر ولگشت تصادفی هستند. شبیه سازی زنجیره مارکوف که به عنوان یک ابزار الگوریتمی قوی ظهور کرده است یکی از این مثال ها است. همانند ولگشت تصادفی کلاسیکی، نسخه کوانتومی هم به جزئی مهم از الگوریتم ها و محاسبات کوانتومی تبدیل شده است. ولگشت کوانتومی، آن گونه که امروز شناخته شده است، شکل تعمیم یافته ولگشت تصادفی کلاسیکی است که با استفاده از جنبه هایی از مکانیک کوانتومی از قبیل برهم نهی و تداخل دامنه های کوانتومی توسعه یافته است.

مفهوم ولگشت کوانتومی توسعه یافته و اکنون به دو شکل استاندارد مورد مطالعه قرار می گیرد: مدل ولگشت کوانتومی زمان پیوسته (CTQWM) و مدل ولگشت کوانتومی زمان گسسته (DTQWM). نوعی خاص از ولگشت کوانتومی زمان گسسته که به عنوان ولگشت هادامارد شناخته می شود در این پروژه مورد استفاده قرار میگیرد.

گذشته از کاربرد در الگوریتم های کوانتومی، ولگشت کوانتومی به عنوان یک ابزار بالقوه در درک پدیده های گوناگون در سیستم های فیزیکی ظاهر شده است و برای نشان دادن کنترل ارتباط در سیستم های کوانتومی بس ذره ای به کار گرفته شده است.

هدف این پروژه طراحی یک سیستم ولگشت کوانتومی coin-base از نوع هادامارد به منظور سرچ و جستجوی بهینه در شبکه ای یک و دوبعدی با تعداد نود دلخواه است. در ابتدا روابط و مدل ریاضی مساله مورد نظر مورد

بررسی قرار گرفته و سپس مدل ولگشت کوانتومی و میزان کارایی و بازدهی آن نسبت به ولگشت کلاسیکی بررسی و مقایسه خواهد شد.

در انتها مدل ریاضی آن استخراج شده و در نرم افزار متلب مدل نهایی توسط الگوریتم هایی بهینه شده و میزان فاز اولیه کیوبیت های پوزیشن به گونه ای تخمین زده خواهد شد تا بهترین پراکندگی احتمال بر روی جایگشت های مختلف را توسط شبکه دلخواه داشته باشیم

#### معرفی منابع اصلی:

[1] J. B. Wang and B. L. Douglas. Quantum walk and potential application. AIP Conference Proceedings 1246, 195 (2010). <https://doi.org/10.1063/1.3460202>

[2] Pierriccardo Olivieri, Mehrnoosh Askarpour, Elisabetta di Nitto. Experimental Implementation of Discrete Time Quantum Walk with the IBM Qiskit Library. International Workshop on Quantum Software Engineering (Q-SE) (2022). <https://ieeexplore.ieee.org/document/9474567>

[3] KarunaKadian, SunitaGarhwal, AjayKumar. Quantum walk and its application domains: A systematic reviewComputer Science Review (2021). <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100419>

[4] <https://medium.com/qiskit/studying-quantum-walks-on-near-term-quantum-computers-f60fd2395f04>

**فازبندی و وظایف پروژه:** این پروژه دارای پنج فاز کلی بوده و درباره زمانی 12 هفته ای انجام می گردد.

1. فاز مطالعاتی (2 هفته): گروه باید به مطالعه منابع و مراجع معرفی شده پرداخته تا به شناخت کافی از موضوع برسند. (15 نمره)

2. فاز پیاده سازی حالت کلاسیکی و کوانتومی ولگشت (4 هفته): در این بخش از پروژه گروه باید مدل کلاسیکی و کوانتومی ولگشت را استخراج و به وسیله کیسکیت آن را پیاده سازی کند و مدل آماری نیز در نرم افزار متلب یا هر نرم افزار محاسباتی دیگر شبیه سازی و داده ها با هم مقایسه شوند. (25 نمره)

3. فاز بهینه سازی مدل ولگشت کوانتومی (3 هفته): در این بخش از پروژه مدل مداری ولگشت کوانتومی باید به گونه ای بهینه سازی شود تا بیشترین پراکندگی احتمال بر روی پوزیشن های مختلف به وجود آید. گروه میتواند در این بخش نوآوری داشته و با روش های مختلف این بخش از پروژه را به انجام برساند. (25 نمره)

4. فاز پیاده سازی ولگشت کوانتومی بر روی سخت افزار IBM (یک هفته): گروه باید در این قسمت مدار کوانتومی طراحی شده را بر روی سخت افزار کامپیوتر IBM اجرا و نتیجه را که داده های واقعی میباشد، با خروجی به دست آمده از شبیه سازها در محیط کیسکیت مقایسه کند. (15 نمره)

5. فاز جمع بندی و ارائه گزارش نهایی (2 هفته) گروه باید نتایج یافته های خود را در قالب یک گزارش مکتوب انگلیسی یا فارسی در فایل Word یا LaTeX ارائه دهد و مشارکت ها و وظایف انجام شده هریک از اعضای گروه را نیز شرح دهند. (قالب Word فارسی و انگلیسی در دسترس قرار می گیرد.) (20 نمره)

زمان هفتگی برای مراجعه دانشجویان: (پنجشنبه ها ساعت 9.30 الی 11 شب)

نحوه محاسبه نمره و موفقیت آمیز بودن پروژه: نمره نهایی از 100 برای هریک از اعضای گروه در نظر گرفته می شود و اخذ نمره 70 و بالاتر معادل گذراندن دوره با موفقیت است. نمرات با توجه به کیفیت نتایج بازتولید، نتایج طراحی پروتکل، نتایج اعتبارسنجی پروتکل با کیسکیت و گزارش نهایی اعطا می گردد. در انتها به دانشجویانی که حداقل نمره را کسب نمایند گواهی معتبر بین المللی از طرف QIRAN و QWORLD اعطا خواهد شد.

