

## گزارش پروژه کارشناسی

امیرمحمد مقدم ۹۸۲۳۱۴۴

از ۱۴۰۲/۲/۱۶ تا ۱۴۰۲/۲/۲۳

---

در این هفته به بعضی از تعاریف جدید پرداخته شد و همچنین به بررسی چندین مقاله پرداخته شد تا کلیات بعضی از مفاهیم مشخص شود همچنین به قسمتی از جبر ماتریسی برای فهم مسائل پرداخته شد.

در ادامه به تحقیق درباره حالت همدوس نور و اهمیت آن در تکنولوژی پرداخته شد. همانطور که در گزارش قبلی گفته شده بود انتقال کیوبیت در عمل بسیار به ندرت اتفاق می افتد، آن هم به این دلیل است که کیوبیت ها منابع بسیار ارزشمندی در محاسبات و تکنولوژی کوانتومی هستند و همچنین شرایط انتقالی آن ها بسیار کم است و باید تقریباً ایزوله باشند. به همین دلیل است که برای انتقال کیوبیت ها از روش انتقال اطلاعات کوانتومی یا همان حالت های کوانتومی استفاده میکنند. برای این کار یکی از روش ها استفاده از فوتون ها است. برای اینکار از سیستم هایی به اسم "Quantum Transducers" استفاده میکنند که در واقع این سیستم ها می توانند دوطرفه با کیوبیت و ذره و یا سیستمی که قرار است اطلاعات کوانتومی بر روی آن انکد شود استفاده شود. اینگونه می توان برای مثال اطلاعات کوانتومی یک کیوبیت برای مثال ابررسانا را بر روی پلاریزاسیون فوتون انتقال داد و از نور همدوس برای انتقال این اطلاعات استفاده کرد. برای اینکه کاربرد این تبدیل کننده ها بهتر معلوم شود اثر آن ها را بررسی میکنیم.

برای این کار فرض میکنیم حالت کیوبیت ما  $|q\rangle$  و حالت فوتون ما  $|p\rangle$  است. در حالت کلی ما حالت سیستم را به صورت حالت توام زیر نمایش میدهیم:

$$|q\rangle \otimes |p\rangle$$

حال فرض میکنیم که عملگری که نشانگر این تبدیل کننده ها باشد را به صورت  $T$  در نظر بگیریم و اثر آن به صورت زیر است :

$$T(|q\rangle \otimes |p\rangle) = |q'\rangle \otimes |p'\rangle$$

که در آن سم راست معادله حالت جدید کوانتومی سیستم است. حال اگر فرض کنیم که حالت های کیوبیت به طور خلاصه دو حالت  $|0\rangle$  و  $|1\rangle$  و همچنین حالت های Fock فوتون نیز به صورت خیلی خلاصه به صورت  $|0\rangle$  و  $|1\rangle$  باشند می توان به طور کلی نمایش ماتریسی عملگر  $T$  را می توان به صورت زیر نظر گرفت :

$$T = \begin{bmatrix} T_{00} & T_{01} \\ T_{10} & T_{11} \end{bmatrix}$$

که در آن برای مثال  $T_{01}$  اثر  $T$  بر روی حالت توام  $|0\rangle \otimes |1\rangle$  است. حال اگر فرض کنیم که حالت اولیه کیوبیت بر روی  $|0\rangle$  و حالت اولیه فوتون بر روی  $|1\rangle$  است (که به معنی این است که ۱ فوتون در مد میدان تبدیل کننده است) می توان ارتباط بین فوتون و کیوبیت را با استفاده از یک همیلتونی کوپلینگ به صورت زیر در نظر گرفت :

$$H_c = g(\sigma_+ \otimes a + \sigma_- \otimes a^\dagger)$$

که در آن  $\sigma_+$  و  $\sigma_-$  نشان دهنده اپراتور های افزایش و کاهش حالت کیوبیت و  $a$  و  $a^\dagger$  اپراتور های از بین رفتن و تولید فوتون هستند و  $g$  هم قدرت کوپلاژ بین فوتون ها و کیوبیت را نشان می دهد. در نهایت می توان  $T$  را به صورت زیر نوشت :

$$T = e^{-i \times H_c \times t}$$

که در آن  $t$  مدت زمانی است که فوتون و کیوبیت با یکدیگر در برهمکنش هستند. در نهایت میتوان دید که اثر تبدیل بر روی فوتون با توجه به اپراتور ها اثر میگذارد.

در نهایت در این هفته به کلیات انتقال اطلاعات کوانتومی با استفاده از فوتون پرداخته شد که در هفته آتی این بحث عمیق تر مطالعه می شود.