



## پروژه دوم: تطبیق ابر نقاط

یکی از مهم‌ترین کاربردهای تطبیق ابر نقاط، که در درس با آن آشنا شدید، تهیه نقشه از محیط‌های جدید است که در ادبیات بینایی ماشین و رباتیک به آن مکان‌یابی و نقشه‌برداری همزمان<sup>۱</sup> (SLAM) گفته می‌شود. اگرچه SLAM به داده‌های ابرنقاط محدود نمی‌شود و چالش‌های فراوانی برای حل مسائل واقعی SLAM وجود دارد، یک چارچوب ساده‌شده آن برای ابرنقاط در شکل ۱ نمایش داده شده‌است. در ادامه این چارچوب به صورت مفصل شرح داده می‌شود.

**گام اول: ابرنقاط اولیه** در اولین ابرنقاط دریافتی از سنسور،  $(P_0 \in \mathbb{R}^{N_0 \times 3})$  مختصات هر نقطه نسبت به موقعیت سنسور لایدار در زمان  $t=0$  است. این موقعیت را به عنوان مبدا مختصات جهانی در نظر می‌گیریم. با رسیدن دومین ابرنقاط  $(P_1 \in \mathbb{R}^{N_1 \times 3})$  که مجدداً مختصات هر نقطه را نسبت به موقعیت سنسور لایدار در زمان  $t=1$  نشان می‌دهد، می‌توانیم الگوریتم SLAM را شروع کنیم. در گام اول، با اجرای یک الگوریتم تطبیق ابر نقاط، تبدیل  $T_1 \in \mathbb{R}^{4 \times 4}$  را که مختصات ابر نقاط دوم را به موقعیت اولیه لایدار (مختصات جهانی) نگاشت می‌کند، بدست می‌آوریم.

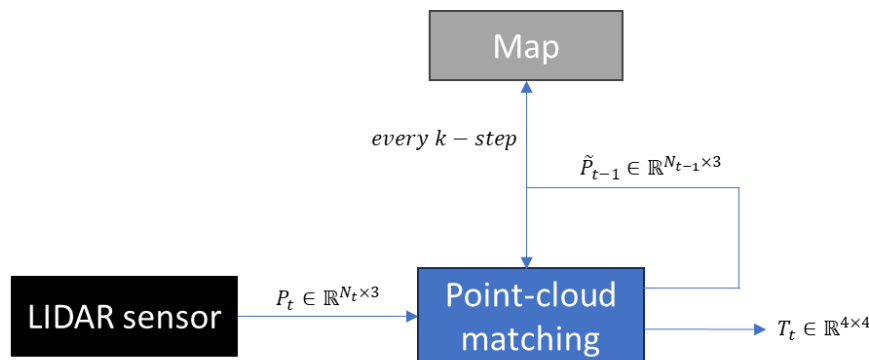
$$T_1 = \text{register}(P_1, P_0)$$

سپس ابر نقاط دوم را با رابطه زیر به مختصات جهانی نگاشت می‌کنیم.

$$\tilde{P}_1 = \text{transform}(P_1, T_1)$$

که  $\text{transform}(x, y)$  تبدیل  $y$  را روی ابرنقاط  $x$  اعمال می‌کند و  $\tilde{P}_1$  مختصات نقاط  $P_1$  در مختصات جهانی است. در انتهای این گام،  $P_0$  را به نقشه اضافه می‌کنیم.

$$M_0 = P_0$$



شکل ۱- شماتیک الگوریتم SLAM مبتنی بر تطبیق ابرنقاط

<sup>۱</sup> Simultaneous localization and mapping



گام دوم: سایر ابرنقاط) برای ابرنقاط سوم به بعد فرآیند توصیف شده در گام قبل تکرار می شود ، مشابه گام اول با اعمال یک الگوریتم تطبیق نقاط بین  $P_n$  و  $P_{n-1}$  تبدیل  $T_n$  را به صورت زیر بدست می آوریم.

$$T_n = \text{register}(P_n, P_{n-1})$$

و موقعیت  $P_n$  را به مختصات جهانی نگاشت می کنیم.

$$\tilde{P}_n = \text{transform}(P_n, T_{n:1})$$

در رابطه بالا  $T_{n:1}$  به معنی اعمال یک به یک همه  $T_i$  ها از  $n$  امین تا اولین است.

گام سوم-بروزرسانی نقشه) به دلیل اینکه تغییرات بین دو ابرنقاط متوالی اندک است، این گام را به ازای هر ۱۰ ابرنقاط، یک بار انجام می دهیم. برای این کار ابتدا  $\tilde{P}_n$  و  $M$  را به وسیله الگوریتم تطبیق نقاط، روی هم تطبیق می کنیم و سپس، نقاطی از  $\tilde{P}_n$  که در نقشه وجود ندارند را به آن اضافه می کنیم.

$$M_n = M_{n-10} + (\tilde{P}_n - M_{n-10})$$

فرآیندی که در بالا تشریح شد را برای ابرنقاط موجود در پوشه 00 اجرا کنید (این ابر نقاط نمونه ای از ابرنقاط دیتاست kitti برای اتوموبیل های خودران هستند). برای این کار یک بار از ICP و یک بار از NDT به عنوان الگوریتم تطبیق نقاط استفاده کنید (استفاده از پیاده سازی کتابخانه pcl به زبان ++c برای این دو الگوریتم پیشنهاد می شود). با توجه به  $T_i$  ها، مسیر حرکت خودرو در فضای دوبعدی نشان دهید و با مسیر حرکت واقعی gt\_pose\_00.txt مقایسه کنید. همچنین نقشه بدست آمده از هر دو روش را نمایش دهید.