

## Camera arrangement optimization for a multiview system based on correspondence field for 3D surface measurement

Three dimensional systems are primary focus of ongoing research in computer vision. In most of the 3D systems, inputs are 2 dimensional digital images captured by charge coupled devices (CCD). The intersection of the ray that passes from a point in the 3D world through the camera center with the image plane defines where the image of that point lies. During this process, depth information is lost. Having, at least two images from different points of view with geometrical constraints on them, it is possible to recover the lost depth information. Theoretically, 3D location of the point is at the intersection of two rays from the camera centers passing through the center of left and right corresponding pixels. However, in practice, design of a 3D system typically involves a range of performance trade-offs and depending on the application, different system parameters and camera setups may be required. In such systems the depth calculation is always associated with certain level of uncertainty. This uncertainty mainly arises from two sources, correspondence matching error and camera arrangement. Most researches have focused on the former case, where recovering the best possible reconstruction from given input data is of primary concern while the latter case has not been considered as it deserves, despite its importance. In many cases, there is the possibility of steering the acquisition process. In the current work, we will propose a mathematical framework of sampling space which provides a general conception of how different parameters of system alter the configuration of iso-disparity layers in the stereo FoV. According to this, we will extract the exact relations of iso-disparity layers with respect to camera parameters and stereo configuration. The mathematical model of iso-disparity map provides an efficient way of estimating the depth estimation uncertainty which is related to the baseline, focal length, panning angle and the pixel resolution. Lacking ground truth or any priori information, a measure of uncertainty is the only criterion to assess the quality of reconstruction. Accordingly, we present analytical relations for fast estimating the embedded uncertainty in depth acquisition. These relations, along with the 3D sampling arrangement is employed to define a cost function. The optimal camera arrangement will be extracted by minimizing the cost function with respect to the system parameters and the given constraints. Finally, the proposed algorithm is implemented on 3D models. The simulation results demonstrate significant improvement in the achieved depth map in comparison with the traditional rectified camera setup.

### طراحی و بهینه سازی سامانه چند منظری بر اساس میدان تناظری برای اندازه گیری سطوح خارجی ۳ بعدی

در سال‌های اخیر سیستم‌های چندمنظری به صورت گسترده مورد توجه قرار گرفته‌اند. در پروسه تصویربرداری، اطلاعات فضای سه بعدی واقعی به صورت دو بعدی بر روی تصویر ثبت می‌شود و طی این فرایند اطلاعات مربوط به عمق از دست می‌رود. یک سیستم دیداری که حداقل شامل دو حسگر تصویربرداری باشد، با کمک قیود هندسی موجود بین تصاویر گرفته‌شده از زوایای مختلف، می‌تواند این اطلاعات از دست رفته را بار دیگر بازیابی کند.

در چنین سیستم‌هایی به دلیل ماهیت گسسته نمونه‌برداری، با فاصله گرفتن از دوربین‌ها دقت محاسبه عمق کاهش می‌یابد. این یک ضعف ذاتی در این سیستم‌ها است که باعث می‌شود در صورت برطرف شدن همه عوامل بروز خطا باز هم دقت تخمین عمق در بازیابی مختصات ۳ بعدی، محدود باشد. در یک سیستم چندمنظری، به طور کلی خطای اندازه‌گیری را می‌توان ناشی از دو عامل اصلی دانست. گروه نخست پارامترهای مرتبط خطای تناظریابی است. دسته دوم از پارامترهای موثر بر خطای اندازه‌گیری، به ساختار سیستم وابسته‌اند. در این پایان‌نامه تمرکز اصلی ما بر روی بررسی دسته دوم از پارامترها می‌باشد.

سعی ما در این پایان‌نامه بر این است تا با کمک روابط حاکم بر نمونه‌برداری فضای ۳ بعدی، پارامترهای دقیق برای چیدمان‌های مختلف دوربین‌ها به دست آوریم. به این منظور مفهوم میدان تناظری را که به نوعی مدل‌سازی از فضای نمونه‌برداری یک سیستم ۳ بعدی است بکار گرفته‌ایم. میدان تناظری مجموعه همه نقاط حاصل از تلاقی پرتوهای گذرنده از مراکز دوربین‌ها و نحوه قرار گرفتن آنها در فضای ۳ بعدی پیش روی دوربین‌هاست. این‌ها مجموعه همه نقاطی هستند که می‌توان انتظار داشت که توسط یک سیستم ۳ بعدی نمونه‌برداری شود و در صورتی که هریک از این نقاط بر روی سطح شیئی واقع شود به صورت یک پیکسل در تصویر ظاهر می‌شود. در مرحله نخست به استخراج روابط مربوط به میدان تناظری بر اساس پارامترهای حاکم بر سیستم پرداخته‌ایم. در مرحله بعدی به کمک این روابط، به تخمین عدم قطعیت موجود در میدان دید می‌پردازیم. این کار به این جهت حائز اهمیت است که در زمان نبود مدل مرجع برای قضاوت در مورد عملکرد و دقت یک سیستم ۳ بعدی تنها مرجع تصمیم‌گیری، محاسبه عدم قطعیت است.

در نهایت الگوریتمی را برای انتخاب چیدمان مناسب شامل محل و زاویه دوربین‌ها در فضا ارائه کرده‌ایم. بر اساس این الگوریتم، پارامترهای مرتبط با چیدمان دوربین‌ها به نحوی انتخاب می‌شوند که میدان تناظری بیشترین انطباق را با سطح شیئی داشته باشد و در عین حال کمترین میزان عدم قطعیت در تخمین عمق حاصل شود. به این منظور با استفاده از روابط ایزو-دیسپریتی به محاسبه تغییرات دیسپریتی و عدم قطعیت عمق در میدان دید سیستم می‌پردازیم و با ترکیب این دو، تابع هزینه‌ای را تعریف می‌کنیم که با حداقل کردن

این تابع نسبت به پارامترهای سیستم، چیدمان مناسب دوربین‌ها انتخاب می‌شود. انتظار می‌رود با استفاده از پارامترهای بهینه بدست آمده کیفیت خروجی سیستم ۳ بعدی بهبود یابد. به منظور اثبات این امر در بخش آخر، روش پیشنهادی بر روی چندین مدل استاندارد از پایگاه‌های شناخته شده پیاده‌سازی می‌شود. نتایج بدست آمده بهبودی بین ۲۵ تا ۳۵ درصد را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده موثر بودن روش پیشنهادی می‌باشد.

کلمات کلیدی: ایزو-دیسپریتی، تخمین عمق، چیدمان دوربینها، سامانه چند منظری، عدم قطعیت، میدان تناظری، نمونه برداری ۳ بعدی