

طراحی و ارزیابی یک فاصله سنج نوری جهت استفاده در پروفایل سنج نوری

محمودرضا گلزاریان<sup>۱\*</sup>، مهران صادقی دلوئی<sup>۲</sup>، سجاد مهنان<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، [m.golzarian@um.ac.ir](mailto:m.golzarian@um.ac.ir)

۲- دانشجویان کارشناسی گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

## چکیده

در این پژوهش با مروری بر روش‌های موجود در زمینه سنجش فاصله-که یکی از فاکتورهای مهم در کشاورزی دقیق است و ارزیابی مزایا و معایب هر کدام از روش‌ها به اهمیت غیر تماسی بودن دستگاه‌های فاصله سنج پی بردیم. از طرفی با در نظر گرفتن دیگر عوامل مهم نظیر دقت مناسب بر آن شدیم که روشی جدید با نام فاصله سنجی نوری ارائه دهیم. طبق این روش می‌توانیم فاصله دوربین تا یک نقطه را بر اساس تعداد پیکسل موجود بین دو نقطه معین روی تصویر محاسبه نماییم. در ادامه با استفاده از یک دوربین دیجیتال تعدادی تصویر در بازه ۱۰-۱۰۰ cm ثبت کرده و تعداد پیکسل‌های موجود بین دو نقطه معین تصویر را با نرم افزار MATLAB استخراج کردیم. با رسم نمودار تعداد پیکسل بر حسب فاصله برای نمونه‌ها، بهترین نمودار را رسم و معادله ریاضی حاکم بر این آن را مدلسازی کردیم. نهایتاً با در نظر گرفتن یک مقدار تصحیح برای معادله اولیه باعث بهبود مدل بدست آمده شدیم. بر اساس مدل نهایی دقت اندازه‌گیری با روش نوری پیشنهاد شده  $\pm 3$  cm در اندازه‌گیری فواصل ۳۰cm تا ۱۰۰cm بدست آمد.

**کلمات کلیدی:** پروفایل سنج نوری، تصویر دیجیتال، فاصله سنجی نوری، کشاورزی دقیق

## مقدمه

اندازه‌گیری به ما کمک می‌کند تا جهان خود را با بکارگیری اعداد توصیف کنیم، بدین منظور بایستی درک دقیقی از اعداد مربوط به هر کمیت و روش‌های اندازه‌گیری آن داشته باشیم.

یکی از پر اهمیت‌ترین کمیت‌ها فاصله است که در هر گوشه از علوم مختلف به آن نیاز پیدا می‌کنیم، اما بزرگی و دقت اندازه‌گیری این کمیت ممکن است در هر جا متفاوت باشد. به عنوان مثال اندازه‌گیری فاصله بین دو کهکشان با اندازه‌گیری فاصله بین دو مولکول بسیار متفاوت خواهد بود و به همین دلیل روش‌های اندازه‌گیری بسیار متنوعی در طول سال‌ها ارائه شده است.

کمیت فاصله در مهندسی کشاورزی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و دارای کاربردهای متفاوتی می‌باشد. به عنوان نمونه اندازه‌گیری فاصله در ماشین‌های بذرکار برای تعیین عمق کاشت، در ماشین‌های خاکورزی به منظور ثابت نگه داشتن عمق خاکورزی، و همچنین تهیه نقشه‌های میکروتوپوگرافیکی زمین برای اندازه‌گیری میزان بهم ریختگی خاک بعد از عملیات خاکورزی (Boydas and Turgut 2007) و محاسبه فرسایش خاک اشاره کرد (Haubrock et al. 2009, Liu et

al. 2003).



از روش های بسیار ساده که برای محاسبه فاصله یا به عبارت دیگر ارتفاع نقاط مختلف خاک نقطه نسبت به یک نقطه مرجع استفاده می شود می توان به استفاده از مترهای نواری و فلزی اشاره کرد. مزیت متر معمولی، در دسترس بودن و هزینه کم آن می باشد اما دو عیب بارز آن یکی وقت گیر بودن و دیگری توانایی تعیین ارتفاع تنها یک نقطه در هر مرحله از اندازه گیری می باشد.

روش های متنوع دیگری که بر مبنای حرکت یک کاوشگر که به سمت خاک حرکت کرده و خاک را لمس می کند توسعه یافتند. این وسائل باعث پیدایش نوع پینی پروفیل سنج ها شدند ( Harrison 1990, Henry *et al.* 1980, Raper *et al.* 2004).

پین سنج دستگاه مکانیکی است که مکانیزم ساده ای دارد. طراحی و ساخت این نوع ارتفاع سنج آسان است. یک ویژگی این دستگاه نسبت به متر نواری اندازه گیری فاصله عمودی تعداد بیشتری از نقاط واقع شده روی یک خط از صفحه سطح زمین تا سطح مرجع است. تعداد نقاط واقع شده روی سطح بستگی به تعداد پین ها در پین متر دارد. داده برداری از فواصل اندازه گیری شده از چند نقطه از سطح در هر مرحله از سنجش فاصله، مزیت عمده پین متر است ولی یک نقص بزرگ این دستگاه که برای پوشش سطح و ایجاد نقشه توپوگرافی سطح است، برهم زدن و مخدوش کردن سطح بدلیل تماس پینها با سطح خاک است.

از این رو همواره محققین به دنبال طراحی و اجرای یک روش بدون تماس و با دقت بیشتر بوده اند. تا کنون روش هایی از جمله تصویربرداری سه بعدی بینایی استریو (Rieke-Zapp *et al.* 2001, Petitpas *et al.* 2010)، روش آنالیز صوتی (Oelze *et al.* 2003)، اسکن لیزری (Šařec *et al.* 2007)، تحلیل داده های رادار-ماهواره (Vulfson *et al.* 2012) ارائه شده اند.

دستگاه اسکن لیزری بر اساس تهیه یک عکس لیزری و پردازش آن استوار است. وضوح تصاویر لیزری برای تولید تصویر از سطوحی که تغییر شکل ناگهانی می دهند کافی نیست. محدودیت اندازه و قابلیت جابجایی دستگاه به همراه زمان زیادی که برای هر اسکن با وضوح بالا صرف می شود نیز از دیگر معایب دیگر این دستگاه می باشد. در صورتی که به عنوان یکی از نقاط قوت اسکنهای لیزری می توان به غیر تماسی بودن عکسبرداری آنها اشاره کرد که خود باعث افزایش دقت اندازه گیری دستگاه می شود (Rieke-Zapp *et al.* 2001).

روش عکسبرداری استریو با اینکه در پژوهش ها نتایج بسیار خوبی را برای بازسازی سه بعدی سطوح نشان داده است در تهیه نقشه هایی از زمین هنوز شیوه ای از نظر محاسباتی پر خرج محسوب می شود. این شیوه برای تهیه تصاویر نیازمند دوربین های نسبتاً گران قیمت، کدنویسی های سنگین و محاسبات پیچیده و زمانبر کامپیوتری است که به نحوی استفاده از آن را در محل و بصورت زمان واقعی محدود می کند (Flanagan *et al.* 1995, Šařec *et al.* 2007).



از روش آنالیز صدا (آکوستیک) نیز برای تعیین فاصله استفاده می شود که جزو روش های جدید موجود در این زمینه می باشد که مهمترین قسمت فرستنده و گیرنده در این دستگاه از اهمیت بالایی برخوردار بوده و هزینه زیادی دارند ( Oelze et al. 2003).

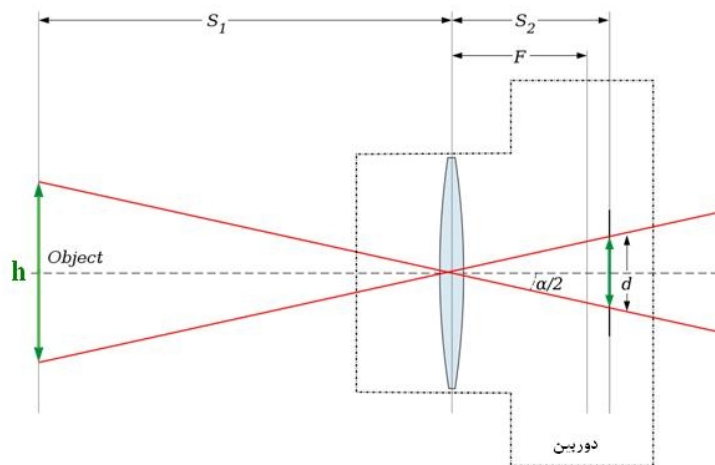
ما در این پژوهش به دنبال ارائه شیوه ای جایگزین به جای شیوه دستی و مکانیکی فعلی برای اندازه گیری فاصله به منظور استفاده در کاربردهای کشاورزی هستیم. راهکار جدید بایستی موثر، کم هزینه و دقیق باشد. روش پیشنهادی ما، فاصله سنجی نوری نام دارد که ارتفاع را بر مبنای اطلاعات تصویری تهیه شده توسط یک دوربین معمولی از سطح آزمون تعیین می کند. تحقیقات ما در نهایت منجر به یافتن رابطه ای میان تعداد پیکسل میان دو نقطه ثابت و فاصله دوربین از آن ها می شود.

از این فناوری می توان در اتوماسیون ماشین های کشاورزی در راستای تحقق کشاورزی دقیق بکار برد. در کشاورزی مرسوم، هر مزرعه به عنوان یک واحد تلقی می شود و تمامی خصوصیات مزرعه بر اساس خصوصیات متوسط مزرعه سنجیده می شود. اما کشاورزی دقیق با استفاده از فن آوری های اطلاعاتی مزرعه را به واحدهای کوچک تر تقسیم بندی کرده و سپس به تعیین خصوصیات هر واحد می پردازد (Srivastava et al. 2006).

از کاربردهای خاص برای سامانه پیشنهادی در این مقاله می توان به ارزیابی عملکرد ماشین های کشاورزی که فاکتور فاصله در آنها از اهمیت خاصی برخوردار است اشاره کرد. بعنوان نمونه، در ماشینهای خاکورزی، ارزیابی عملکرد با اندازه گیری بهم ریختگی خاک و پروفایل خاک بعد از اجرای عملیات خاکورزی صورت می گیرد ( Boydas and Turgut 2007, Vázquez et al. 2009) و ارزیابی ماشینهای کاشت اندازه گیری فاصله کشت بین ردیف و روی ردیف بعد از کاشت و بعد از مرحله جوانه زدن می تواند انجام شود. سرعت بالا در اندازه گیری، غیر تماسی بودن و اندازه گیری چند نقطه ای سامانه پیشنهادی، از مهم ترین ویژگی های مثبت این سامانه اندازه گیری است.

## تئوری پژوهش

اندازه یک شی، فاصله دوربین تا آن و فاصله کانونی لنز دوربین و اندازه آن شی در تصویر تهیه شده توسط دوربینهای دیجیتال به هم مرتبط می باشند (شکل ۱) این ارتباط مبنای تئوری ساخت سامانه پیشنهادی اندازه گیری فاصله در این پژوهش می باشد. در دوربینهای دیجیتال صفحه ی حساس یک سنسور الکتریکی است که فوتون های نور منعکس شده از جسم که وارد دوربین شده اند را به صورت یک جریان الکتریکی کالیبره شده به یک دستگاه مبدل می فرستد. وظیفه این مبدل تغییر داده های آنالوگ به دیجیتال است. این مبدل اطلاعات جریان الکتریکی هر سنسور را برای هر پیکسل و برای داده های ۸ بیتی به صورت عددی مابین ۰-۲۲۵ در کارت ذخیره ارسال می کند.

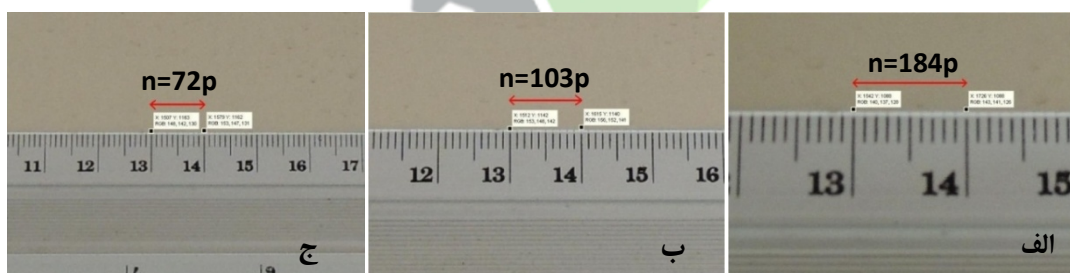


شکل ۱. تصویر شماتیک دوربین و طرز تشکیل عکس

در شکل ۱ با توجه به روابط مثلثاتی حاکم بر اشکال هندسی موجود در تصویر اگر جسمی در فاصله  $S_1$  از لنز دوربین قرار بگیرد و دارای فاصله کانونی  $F$  باشد می‌توانیم رابطه‌ای بین فاصله دو نقطه ثابت روی جسم که با فاصله  $h$  از یکدیگر قرار دارند و فاصله پیکسلی در عکس ثبت شده توسط دوربین  $d$  بدست آوریم (معادله ۱). این رابطه به صورت زیر است. در صورتی که بخواهیم یک تصویر واضح تهیه کنیم، مقدار فاصله صفحه تصویر تا لنز باید برابر فاصله کانونی دوربین باشد ( $S_2 = F$ ).

$$\frac{h}{S_1} = \frac{d}{F} \quad \text{معادله ۱}$$

از رابطه بدست آمده نتیجه می‌گیریم که هرچه فاصله دوربین تا جسم بیشتر باشد، مقدار پیکسل‌های موجود در عکس بین هر دو نقطه ثابت کاهش می‌یابد. برای بهتر نشان دادن این مفهوم تصاویری از یک خط کش در سه فاصله متفاوت تهیه شد و تعداد پیکسل‌های موجود بین دو نقطه از آن توسط نرم افزار MATLAB استخراج شد (شکل ۲).



شکل ۲. تعداد پیکسل‌های واقع شده بین دو نقطه مشخص از روی تصاویر گرفته شده از فاصله:

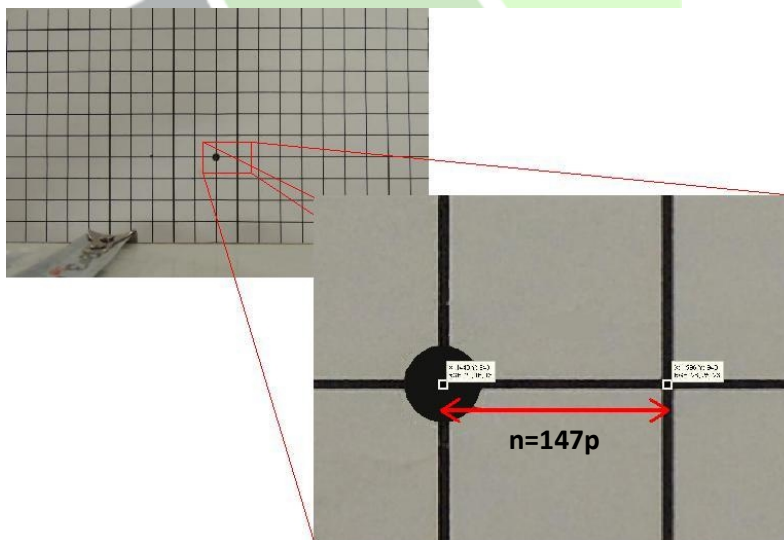
(الف) ۱۰ cm (ب) ۲۰ cm (ج) ۳۰ cm

همان طور که در شکل ۲ می‌بینید از تعداد پیکسل‌های موجود بین یک سانتی متر فاصله که در بین دو نقطه ثابت خط کش یعنی خطوط نشانگر ۱۳ cm و ۱۴ cm قرار گرفته است با افزایش فاصله دوربین کاسته شده است، بدین ترتیب می‌توان برای تصاویر یک دوربین خاص الگوریتمی تهیه کرد تا بر اساس تعداد پیکسل بین دو نقطه ثابت روی یک شی بتوان فاصله تا آن را سنجید.

## مواد و روش‌ها

اساس این روش بدین صورت است که با استفاده از اطلاعات بدست آمده از تصویر یک سطح می توان فاصله دوربین تا آن سطح را تشخیص داد. این روش بر پایه ی اندازه گیری تعداد پیکسل های موجود میان دو نقطه ی ثابت واقع بر سطح آزمون است. به این ترتیب که تصویری از سطح مورد نظر- که در اینجا صفحه ای شبکه بندی شده است- برداشته و به کمک نرم افزارهایی مانند متلب فاصله ی پیکسلی میان این دو نقطه را بدست می آوریم. در این پژوهش یکی از این نقاط ثابت نقطه ی مرکز دوربین بوده (که بطور پیش فرض بر روی مرکز تصاویر تهیه شده توسط دوربین قرار می گیرد) و دیگری یکی از گره های واقع در صفحه ی شبکه بندی شده است. با قرار دادن تعداد پیکسل ها در رابطه ای که توسط مدل به صورت تجربی بدست خواهیم آورد، فاصله دوربین تا سطح مورد نظر (که می تواند در حالت عمودی به ارتفاع تعبیر شود) را بدست می آوریم.

همان طور که در بالا ذکر شد مطابق شکل زیر بر روی صفحه ی شبکه بندی شده دو نقطه معین را انتخاب می کنیم. این دو گره به فاصله ی  $d$  از هم قرار دارند. دوربین را به فاصله ی  $h$  از صفحه ی شبکه بندی شده طوری قرار می دهیم که مرکز تصویر با یکی از این گره ها در یک محل قرار بگیرند. در فواصل مختلف و البته مشخص از صفحه ی شبکه بندی شده تصویر هایی تهیه کرده و به کمک برنامه ی متلب فاصله پیکسلی میان این دو نقطه را که  $n$  می نامیم مشخص می کنیم. فاصله بین دو نقطه همواره ثابت است اما با تغییر فاصله دوربین از صفحه، تعداد پیکسل های موجود در هر تصویر میان این دو نقطه تغییر می کند. هدف ما یافتن رابطه ای میان تعداد پیکسل های بدست آمده و فاصله دوربین از صفحه ( $h$ ) است.



**شکل ۳.** نحوه ی تعیین تعداد پیکسل در صفحه شبکه بندی شده ( $p$ ) در این تصویر بمعنای واحد بکار رفته برای شمارش تعداد

پیکسل استفاده شده است)

در این پروژه، از دوربین NIKON COOLPIX P510 (Nikon Japan Inc.) با وضوح تصویر ۸ مگا پیکسل استفاده شد. دامنه دید دوربین را با صفحه ی آزمون تنظیم کرده طوری که مرکز دوربین (یا مرکز تصویر) منطبق بر نقطه ی میانی صفحه باشد.



در فواصل مختلف بین ۱۰-۱۸۰ cm از صفحه آزمون تصویر برداری شد و به کمک متری که در کنار پایه ی دوربین قرار دارد مقدار فاصله ی دوربین تا صفحه اندازه گیری شد.

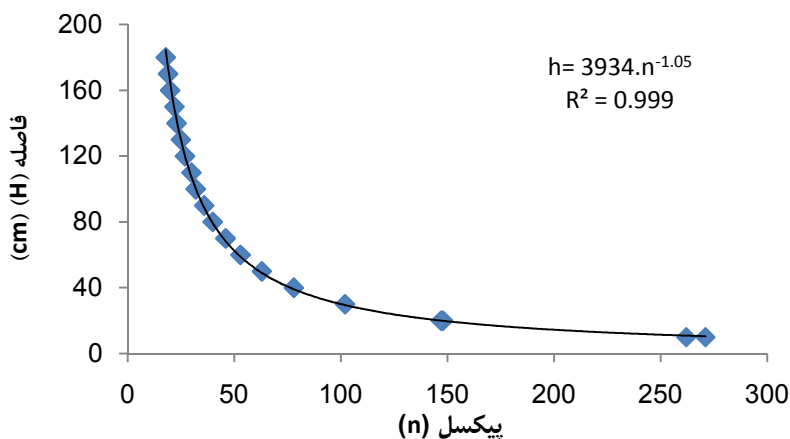


شکل ۴. تصویری از شمای کلی وسایل تصویر برداری

با بکارگیری سازوکار بیان شده به ازای هر ۱۰ cm یک تصویر تهیه شده است. عمل تهیه تصویر را به منظور افزایش دقت کار دو مرتبه انجام می دهیم که مجموعاً ۳۶ تصویر بدست می آید. اما باید توجه داشت که یکی از عوامل ایجاد خطا در مرحله یافتن پیکسل های موجود، خود را نمایان می سازد که آن که چگونگی انتخاب محل نمایشگر اطلاعات تصویر (Data cursor) در نرم افزار MATLAB توسط پژوهشگر می باشد. نمودار تعداد پیکسل بر حسب فاصله دوربین تا سطح آزمون را در نرم افزار Excel رسم کرده و معادله ی رگرسیون آن را بدست می آوریم.

### نتایج و بحث

تصاویر تهیه شده را طبق روش مذکور تحلیل کرده و داده های مربوط به هر تصویر را استخراج می نماییم. از طرفی با توجه به اهمیت اندازه گیری خطا در هر پژوهش، میزان خطای موجود برای هر نمونه را محاسبه می کنیم. نمودار متعلق به ۳۶ تصویر ثبت شده و رابطه بین پیکسل و فاصله برای آن ها در شکل ۴ می باشد. همانطور که دیده می شود، ضریب تعیین این نمودار ۰/۹۹۹ می باشد که نشان از ارتباط بسیار بالای فاصله واقعی (H) و تعداد پیکسلهای بین دو نقطه ثابت در تصویر (n) دارد.



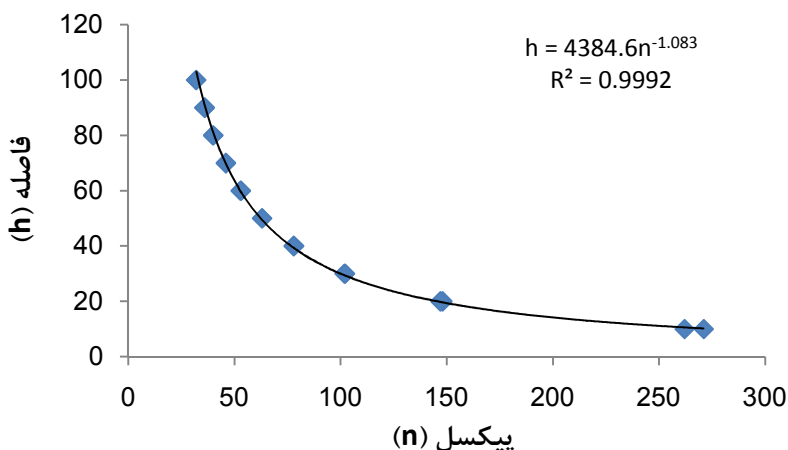
شکل ۵. نمودار فاصله بر حسب تعداد پیکسل برای داده های اولیه



از شکل ۴ به این نتیجه می‌رسیم که در فواصل بیشتر از ۱۰۰ سانتی متر در تعداد پیکسل‌های بین دو نقطه تفاوت بسیار کمی وجود داشته و گاهی تعداد پیکسل‌ها برای دو تصویر پشت سر هم مشابه یکدیگر می‌باشد، لذا برای افزایش دقت مدل بدست آمده، داده‌های بالای ۱۰۰ سانتی متر را در نظر نمی‌گیریم. در نتیجه نمودار را تا داده‌های متعلق به فاصله ۱۰۰ سانتی متر رسم می‌کنیم. بهترین نمودار بدست آمده برای این داده‌ها از نوع توانی بوده و با معادله  $h = 4384 \cdot n^{-1.08}$  بیان می‌شود. در اینجا  $h$  فاصله بدست آمده از طریق رابطه استخراج شده (h-model) و  $n$  تعداد پیکسل‌ها را نشان می‌دهد. داده‌ها و نمودار مربوط به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۵ آمده‌اند.

جدول ۱. داده‌های متعلق به تصاویر تا فاصله ۱۰۰ cm

n	H	h-model	Error (cm)	Error (%)
262	10	10.72	-0.72	-7.2%
148	20	19.86	0.14	0.7%
102	30	29.69	0.31	1.0%
78	40	39.67	0.33	0.8%
63	50	49.96	0.04	0.1%
53	60	60.22	-0.22	-0.4%
46	70	70.17	-0.17	-0.2%
40	80	81.60	-1.60	-2.0%
36	90	91.44	-1.44	-1.6%
32	100	103.84	-3.84	-3.8%
271	10	10.34	-0.34	-3.4%
147	20	20.01	-0.01	0.0%
102	30	29.69	0.31	1.0%
78	40	39.67	0.33	0.8%
63	50	49.96	0.04	0.1%
53	60	60.22	-0.22	-0.4%
46	70	70.17	-0.17	-0.2%
40	80	81.60	-1.60	-2.0%
36	90	91.44	-1.44	-1.6%
32	100	103.84	-3.84	-3.8%



شکل ۶. فاصله بر حسب تعداد پیکسل برای تصاویر تا فاصله ۱۰۰ cm

### ارزیابی مدل

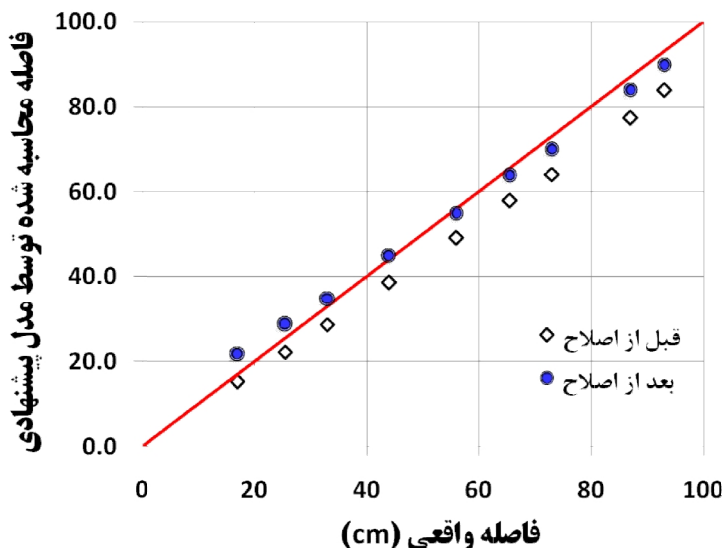
در گام بعدی به منظور ارزیابی مدل بدست آمده، تعداد ۱۰ تصویر با فواصل مختلف- ترجیحا متفاوت با فواصل آزمون- تهیه شد که مطابق جدول ۲ میزان فاصله آنها را توسط مدل تخمین زده و با مقایسه میزان فاصله بدست آمده با فاصله اصلی، خطای این سیستم ارزیابی شد.

جدول ۲. داده های آزمون بررسی دقت مدل ارائه شده

n	H	h-model	Error	Error (%)
189	17	15.25	1.75	10.3%
133	25.5	22.29	3.21	12.6%
105	33	28.78	4.22	12.8%
80	44	38.60	5.40	12.3%
64	56	49.12	6.88	12.3%
55	65.5	57.85	7.65	11.7%
50	73	64.13	8.87	12.2%
42	87	15.25	1.75	10.3%
39	93	22.29	3.21	12.6%

اگر نموداری داشته باشیم که در یک محور آن فاصله واقعی و در محور دیگر فاصله محاسبه شده توسط مدل را نشان دهیم، حالت ایده آل در این نمودار خط نیمساز ربع اول دستگاه مختصات قرار دارد (خط قرمز رنگ در شکل ۶). اما با توجه به مقادیر بدست آمده برای فاصله از مدل تجربی می توان دریافت که همواره مدل تجربی عددی کمتر از عدد واقعی را محاسبه می کند. برای رفع این مشکل و بهبود مدل تجربی باید از یک مقدار تصحیح استفاده کرد که در اینجا آن مقدار تصحیح را برابر ۵ در نظر گرفته و در واقع این مقدار از لحاظ ریاضی باعث ایجاد یک عرض از مبداء در معادله مدل تجربی خواهد شد.





شکل ۷. نمودار فاصله واقعی در مقابل فاصله تخمین زده شده و نمایش فواصل بهبود یافته با به کارگیری مقدار تصحیح

بعد از اعمال مقدار تصحیح بر مدل تجربی درمی یابیم که نقاط آزمون به خط ایده آل نزدیک تر می شوند اما هنوز مقداری خطا متوجه مدل تجربی بهبود یافته می باشد که مقادیر آن را برای فاصله‌های متفاوت می توان در جدول ۳ مشاهده نمود.

جدول ۳. داده های آزمون بررسی دقت مدل ارائه شده پس از تصحیح

n (pixels)	H (cm)	h-model (improved) (cm)	Error (cm)	Error (%)
189	17	20.6	-3.6	-21.0%
133	25.5	27.8	-2.3	-8.9%
105	33	34.4	-1.4	-4.2%
80	44	44.4	-0.4	-0.9%
64	56	55.1	0.9	1.5%
55	65.5	64.1	1.4	2.2%
50	73	70.5	2.5	3.5%
42	87	84.0	3.0	3.4%
39	93	90.6	2.4	2.6%

### نتیجه گیری کلی

در این مقاله با مروری بر انواع روش های موجود برای اندازه گیری فاصله به آن پی بردیم که دستگاه سنجش گر نبایستی با سطح آزمون برخورد کند زیرا در بسیاری از مواقع باعث بهم ریختگی سطح می گردد. در ادامه روشی جدید به نام فاصله سنجی نوری ارائه کردیم و با تحلیل تعدادی تصویر دیجیتال توانستیم مدلی تجربی برای تعداد پیکسل بین دو نقطه و فاصله دوربین از آن سطح

به دست آوریم. نهایتاً با اعمال یک مقدار تصحیح در مدل اولیه باعث بهبود رابطه تجربی شدیم. دقت اندازه گیری با روش نوری پیشنهاد شده  $\pm 3$  cm در اندازه گیری فواصل ۳۰cm تا ۱۰۰cm بدست آمد. با توجه میزان دقت دستگاه می توان از این روش به عنوان یک راهکار جایگزین برای اندازه گیری فاصله در کاربردهای مختلف با این دقت استفاده نمود.

## منابع

1. Boydas M.G. and N. Turgut. 2007. Effect of tillage implements and operating speeds on soil physical properties and wheat emergence. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 31: 399-412.
2. Flanagan D., C. Huang, L. Norton and S. Parker. 1995. Laser scanner for erosion plot measurements. Transactions of the ASAE 38: 703-710.
3. Harrison H. 1990. Soil surface profile meter for simple tillage tools. Transactions of the ASAE 33: 21-24.
4. Haubrock S.-N., M. Kuhnert, S. Chabrillat, A. Güntner and H. Kaufmann. 2009. Spatiotemporal variations of soil surface roughness from in-situ laser scanning. CATENA 79: 128-139.
5. Henry J., M. Sciarini and D. Van Doren. 1980. A device for measuring soil surface profiles. Transactions of the ASAE 23: 1457-1459.
6. Liu G., M. Xu and C. Ritsema. 2003. A study of soil surface characteristics in a small watershed in the hilly, gullied area on the Chinese Loess Plateau. CATENA 54: 31-44.
7. Oelze M.L., J.M. Sabatier and R. Raspet. 2003. Roughness measurements of soil surfaces by acoustic backscatter. Soil Science Society of America Journal 67: 241-250.
8. Petitpas B., L. Beaudoin, M. Roux1 and J.P. Rudant. 2010. Roughness measurement from multi-stereo reconstruction. Paper presented at ISPRS Technical Commission III symposium on Photogrammetric Computer Vision and Image Analysis; , Septembre 2010, Paris, France.
9. Raper R., T. Grift and M. Tekeste. 2004. A portable tillage profiler for measuring subsoiling disruption. Transactions of the ASAE 47: 23-28.
10. Rieke-Zapp D., H. Wegmann, F. Santel and M. Nearing. 2001. Digital photogrammetry for measuring soil surface roughness. Pages 23-27. Proceedings of the year 2001 annual conference of the American Society for Photogrammetry & Remote Sensing ASPRS.
11. Šařec P., O. Šařec, V. Prošek and K. Čížková. 2007. Laser profilometer testing by laboratory measurements. Res. Agric. Eng 53: 1-7.
12. Srivastava A.K., C.E. Goering, R.P. Rohrbach and D.R. Buckmaster. 2006. Engineering principles of agricultural machines. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
13. Vázquez E.V., S.R. Vieira, I.C. De Maria and A.P. González. 2009. Geostatistical analysis of microrelief of an Oxisol as a function of tillage and cumulative rainfall. Scientia Agricola 66: 225-232.
14. Vulfson L., A. Genis, D. Blumberg, M. Sprintsin, A. Kotlyar, V. Freilikher and J. Ben-Asher. 2012. Retrieval of surface roughness parameters of bare soil from the radar satellite data. Journal of Arid Environments 87: 77-84.

## Design and evaluation of an image-based distance measurement system

Mahmood R. Golzarian<sup>1\*</sup>, Mehran Sadeghi Deloee<sup>2</sup>, Sajad Mahnan<sup>2</sup>

1. Assistant professor, Associate Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2. Bachelor's student, Associate Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Emails: [m.golzarian@um.ac.ir](mailto:m.golzarian@um.ac.ir), [ms\\_deloee@yahoo.com](mailto:ms_deloee@yahoo.com), [s\\_mahnan@yahoo.com](mailto:s_mahnan@yahoo.com)

\* Corresponding author: [m.golzarian@um.ac.ir](mailto:m.golzarian@um.ac.ir)

### Abstract

In this study, at first we reviewed the existing methods used for measuring distance - which is an important factor in precision agriculture - and by assessing the advantages and disadvantages of the common devices, the importance of non contact metering was discovered. After taking a second look at the other foremost factors such as acceptable accuracy we decided to offer a new method called 'optical distance measurement'. This method is based on the relationship between the camera distance from an object and the number of pixels lied between two given points on the projections of the object in the images taken in the range of 10-100 cm away. We identified the relationship by plotting the graph of actual distance (h) versus the number of pixels (n) for the taken samples and we modeled the relationship in the form of a mathematical regression equation. Finally we evaluated the developed model on a new testing dataset. The results of the evaluation part showed that the accuracy of the proposed method was  $\pm 3.00\text{cm}$  for the distance measurement of 30-100cm.

**Key words:** distance measurement, Optical profile meter, precision agriculture, vision system