

## ارائه یک روش کارآمد در تشخیص بیماریهای سطح برگ با بکارگیری ماشین بینایی

رضا محمدی گل<sup>1\*</sup>، عادل بخشی پور<sup>2</sup>، احمد شریفی<sup>3</sup>، مجید لشگری<sup>4</sup>، مرتضی ملک یارند<sup>5</sup> و هومن شریف نسب<sup>6</sup>

1- دانشجوی دکتری رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، 2- دانشجوی دکتری رشتة مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز، 3 و 6- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج، 4- عضو هیات علمی دانشگاه اراک، 5- عضو هیات علمی مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره) \* نویسنده مسئول: رضا محمدی گل، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی r.mohammadigol@modares.ac.ir

### چکیده

بیماری های گیاهی مختلف علاوه بر اینکه از میزان کیفیت و کمیت محصول می کاهند، باعث تخریب وارسته نیز می شود. از سوی دیگر یکی از مهمترین چالش های پیش روی تولید محصولات کشاورزی در ایران استفاده ب ی رویه از سموم و آفت کش های شیمیایی می باشد. بیماری های قارچی به عنوان مسئله ای بغرنج در تولید محصولات گلخانه ای بشمار میرود و تشخیص به موقع و زود هنگام بیماری، افزایش احتمال درمان و کاهش هزینه ها و خسارات وارده را در بر دارد. در این مقاله یک روش دقیق برای تشخیص بیماری سفیدک دروغی (Downy mildew) خیار گلخانه ای با بکارگیری تکنولوژی ماشین بینایی ارائه شده است. نمونه های گیاه خیار گلخانه ای به منظور انجام این تحقیق در شرایط کنترل شده در گلخانه پرورش داده شدند. سپس سطح برگ ها به عامل بیماری سفیدک دروغی آلوده شدند. عکسبرداری از سطوح برگ های سالم و همچنین برگ های آلوده در زمانهای مختلف در طی پیشرفت بیماری انجام شد. تصاویر تهیه شده به جعبه ابزار پردازش تصویر نرم افزار MATLAB انتقال داده شد. تصاویر در فضاها ی رنگی RGB، HSV و YCrCb مورد بررسی قرار گرفتند. پس از عملیات اولیه، مشخص شد که مؤلفه رنگی Cr بهترین نتایج را به دست میدهد. الگوریتم ارائه شده توانست قسمتهای آسیب دیده سطح برگ را با دقت بالایی (>97٪) تشخیص دهد. این در حالی بود که میزان خطای الگوریتم کمتر از 5٪ به دست آمد.

کلمات کلیدی: خیار گلخانه ای، سفیدک داخلی، ماشین بینایی، پردازش رنگی

### مقدمه

خیار (*Cucumis sativus*) گیاهی یکساله، دو جنسی، یک پایه و دو لپه ای و از اقتصادی ترین گیاهان متعلق به تیره کدوئیان می باشد [رنجبر و همکاران، 1387]. از بین تولیدات گلخانه ای کشور ایران، خیار بالاترین سطح زیر کشت را دارا است [انصوحی، 1380]. از شایع ترین بیماری های قارچی در کشت خیار گلخانه ای بیماری سفیدک داخلی یا سفیدک دروغی<sup>1</sup> می باشد که عامل آن نوعی قارچ بنام *Pseudoperonospora cubensis* است و در صورت آلودگی یک گیاه، بدلیل شرایط دمایی و رطوبت بالای فضای گلخانه بسرعت منتشر خواهد شد. این بیماری در سال 1868 در کوبا گزارش گردید [Chupp et al., 1980]. در ایران ابتدا این بیماری در سال 1342 از روی خیار و خربزه در استانهای گیلان و مازندران و سپس در مزارع جالیز استان اصفهان مشاهده شد [بهداد،

1. Downy mildew

1369]. علائم سفیدک داخلی ابتدا روی سطوح فوقانی برگ ها به صورت مناطق کوچک زرد روشن تا کدر ظاهر می گردد. اگرچه آمار دقیقی از میزان خسارت این بیماری در دست نیست اما آنچه مسلم است میزان خسارت بسته به زمان آلوده شدن گیاه، شرایط محیطی و حساسیت گیاه میزبان از صفر تا 100٪ متغیر است [رنجبر و همکاران، 1387]. هر چه مبتلا شدن گیاه به بیماری در مراحل اولیه تشخیص داده شود به همان نسبت سموم کمتر با راندمان بیشتر مصرف خواهد شد.

بکارگیری ماشین بینایی<sup>1</sup> و پردازش تصویر در دهه های اخیر رشد فزاینده ای در زمینه های مختلف یافته است. تشخیص بیماری های گیاهی توسط ماشین بینایی ام کان شناسایی و درمان بیماری در مراحل اولیه آن را فراهم می کند [Hillnhuetter and Mahlein, 2008].

با توجه به هزینه های بالا و اثرات زیست محیطی زیان آور قارچ کش ها استفاده از یک روش نظارتی دقیق و صرفه جوی کننده در زمان ضروری است [Bock et al., 2010; Hillnhuetter and Mahlein, 2008; Steddom et al., 2005]. بررسی امکان استفاده از تکنولوژی پردازش تصویر در کشاورزی در زمینه های مختلفی چون نظارت بر رشد مطلوب محصولات، تخمین زمان رسیدگی محصول، ماشین های وجین علف هرز، آفت کش ها نیز یکی از موضوعات مورد علاقه محققان در سالهای اخیر بوده است [Hemming, 2000; Hemming and Rath, 2001; Chen et al., 2002; Wang et al., 2002; Onyango, 2003]. مطالعات نشان می دهد که می توان از تکنیک پردازش تصویر در تشخیص بیماری به طور موفقیت آمیزی استفاده نمود [El-Hally et al., 2008]. مویا، گرنیتو، اسکلدوا و همکارانشان [Moya et al., 2005; Granitto et al., 2005; Skaloudova et al., 2006] بترتیب در زمینه های کپک پودری، تشخیص بذور علف های هرز و تخمین خسارت وارده بر برگ ناشی از کرم های عنکبوتی<sup>2</sup> از تکنولوژی ماشین بینایی استفاده نمودند.

هدف از انجام این تحقیق بررسی توانایی ماشین بینایی و تکنیک پردازش تصویر در تشخیص سطوح آسیب دیده از بیماری سفیدک داخلی در برگ های خیار گلخانه ای بود.

## مواد و روشها

تصاویر از برگ های خیار گلخانه ای دارای شدت های مختلف آلودگی تهیه شد. جهت اخذ تصاویر رنگی از دوربین دیجیتال CCD مدل Canon IXUS 960IS با وضوح 5 مگاپیکسل استفاده شد. تصاویر دیجیتال رنگی (RGB) اخذ شده از سطوح برگ (شکل 1، سمت چپ) جهت انجام عملیات پردازش در جعبه ابزار پردازش تصویر نرم افزار MATLAB به کامپیوتر انتقال داده شد.

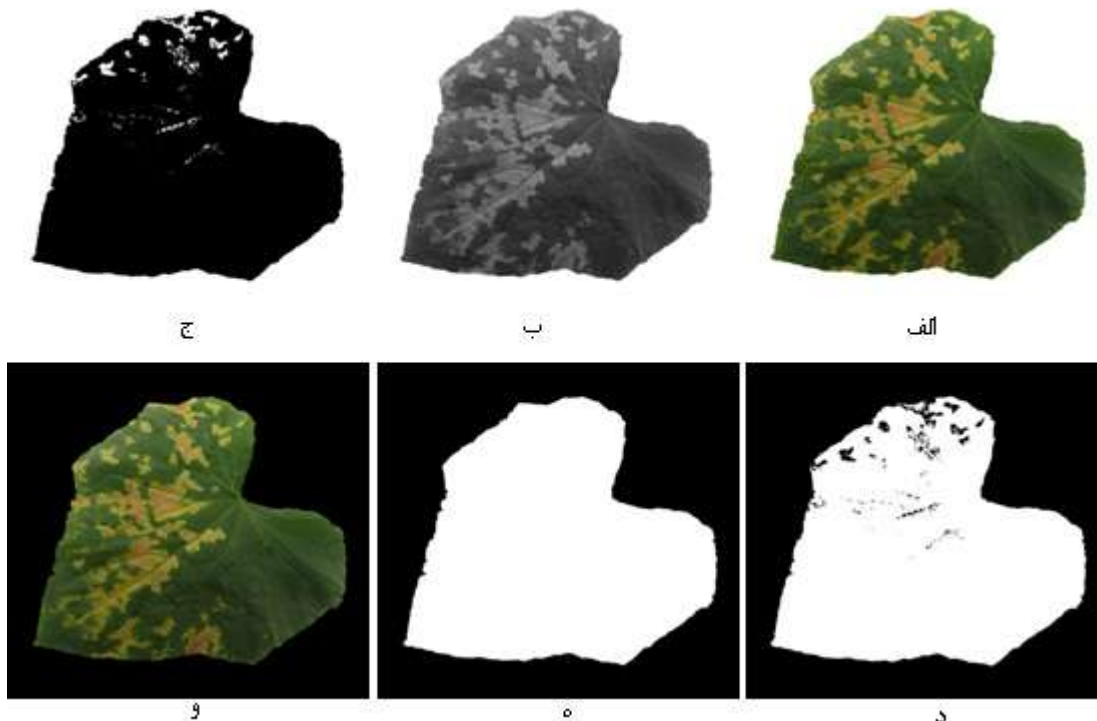


<sup>1</sup> . Machine vision

<sup>2</sup> . Spider mites

شکل 1. سمت راست: گلخانه آلوده به بیماری سفیدک داخلی، سمت چپ: نمونه ای تصویر تهیه شده از سطح برگ خیار گلخانه ای آلوده به بیماری سفیدک داخلی

در ابتدا با توجه به تفاوت آشکار رنگ زمینه سفید رنگ با قسمت های مربوط به سطح برگ گیاه در تصویر، در حله اول تصاویر به حالت خاکستری تبدیل شده (شکل 2، ب) و سپس با استفاده از مقادیر حد آستانه مناسب، برگ از زمینه تصویر جدا شد و تصاویر به حالت سیاه و سفید تبدیل شدند.

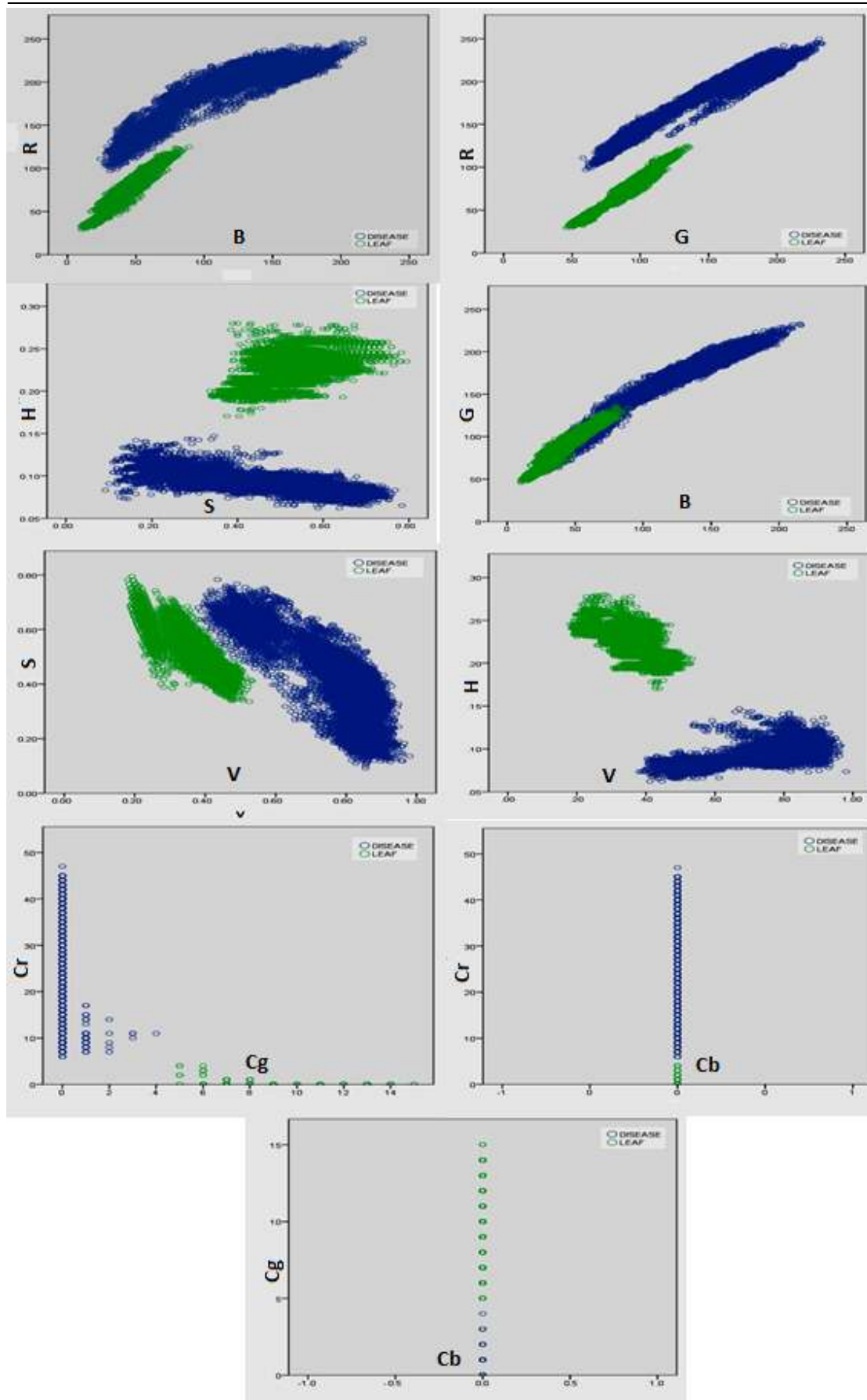


شکل 2. گالری مراحل مختلف پردازش تصویر: الف) تصویر رنگی اولیه، ب) تصویر خاکستری ج) تصویر سیاه و سفید بدست آمده از تصویر خاکستری، د) تصویر مکمل حاصله از تصویر قسمت ج، ه) تصویر سیاه و سفید نهایی، و) تصویر سطح برگ حاصل از اعمال عملیات AND منطقی بین تصویر رنگی اولیه و تصویر سیاه و سفید ه.

سپس با استفاده از عملیات AND منطقی بین تصویر سیاه و سفید حاصله و تصویر RGB اولیه، تصویری به دست آمد که مقادیر عددی رنگی در زمینه تصویر برابر با صفر و مقادیر شدت رنگی مربوط به سطح برگ در این تصویر برابر با همان تصویر رنگی اولیه بود. این کار باعث شد تا پس از تبدیل تصویر حاصل از AND منطقی به هر کدام از فضا های رنگی HSV و YCrCb زمینه تصویر همچنان برابر با صفر باشد (شکل 2، و).

به منظور انتخاب مؤلفه رنگی که بهتری نتیجه را برای تشخیص بیماری منتج می شود قطعاتی از نقاط آلوده و سالم سطح برگ بریده شد. مؤلفه های رنگی مختلف از این قطعات استخراج شد و نمودارهای پراکندگی داده های رنگی از قسمتهای سالم و آلوده رسم شد و مورد بررسی قرار گرفت (شکل 3). با توجه به نتایجی که از این نمودار به دست آمد، مؤلفه رنگی Cr برای انجام عملیات قطعه بندی تصویر و جداسازی قسمتهای آلوده از سالم سطح برگ انتخاب شد.

سرانجام با رسم هیستوگرام فراوانی شدت های رنگی در مؤلفه رنگی فوق و تعیین حد آستانه مناسب، تصاویر به حالت سیاه و سفید تبدیل شدند که مقادیر سفید نشان دهنده لکه های بیماری و نقاط سیاه نماینده زمینه تصویر و قسمت سبز رنگ برگ ها بودند.



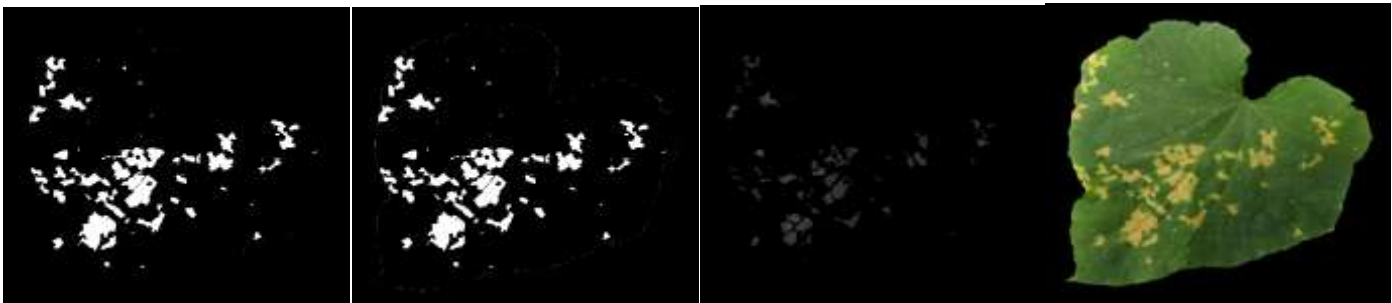
شکل 3. نمودار پراکندگی مقادیر رنگی مؤلفه های رنگی مختلف برای قسمت های سالم برگ و لکه های حاصل از بیماری

## نتایج و بحث

همانطوری که از تصویر مربوط به چگونگی جداسازی لکه از سطح برگ با استفاده از مؤلفه Cr در شکل 4 نشان داده شده است، الگوریتم ارائه شده در تشخیص بیماری سفیدک داخلی از سطح خیار گلخانه ای موفق بوده است. برای تست الگوریتم نیز مقادیر CCR و MCR محاسبه شدند:

$CCR^1$ : عبارتست از تعداد پیکسل های لکه بیماری که به درستی بعنوان لکه در نظر گرفته شده اند به تعداد کل پیکسل های لکه ها.

$MCR^2$ : عبارتست از تعداد پیکسل های قسمت های سالم برگ که در هنگام تبدیل تصویر به حالت سیاه و سفید به اشتباه به عنوان لکه های بیماری در نظر گرفته شده اند به تعداد کل پیکسل های سبز (سالم).



شکل 4. مراحل مختلف تشخیص لکه از سطح برگ؛ الف) تصویر حاصل از AND منطقی تصویر اولیه و تصویر باینری کل برگ، ب) تصویر مؤلفه Cr از مستخرج تصویر الف، ج) تصویر ارتفاع داده شده (اشباع نقاط غیر صفر)، د) تصویر سیاه و سفید نهایی پس از حذف نقاط مرزی

هر یک از نقاط سالم و آلوده سطح برگ از روی تصویر نتیجه، بطور دستی با استفاده از نرم افزار Adobe Photoshop نسخه CS3 جدا شد. بهمین ترتیب پیکسل های مربوط به قسمت های سالم و آلوده سطح برگ شمارش گردید سپس با تقسیم مقادیر بدست آمده از تصاویر دودویی نتیجه بر مقادیر بدست آمده از تصویر اصلی، مقادیر CCR و MCR محاسبه شدند. در بین 30 تصویری که به این صورت آزمایش شدند مقادیر CCR و MCR بترتیب برابر با  $96/3 \pm 1/8$  درصد و  $3/2 \pm 0/9$  درصد بدست آمد. دقت جداسازی برابر با  $97/4 \pm 1/4$  به دست آمد که میزان بسیار بالایی می باشد. این موضوع با توجه به نمودار های پراکندگی ارائه شده در بخش سوم قابل پیش بینی بود. از سوی دیگر یکی دیگر از مزایای مؤلفه رنگی Cr سادگی الگوریتم به کار رفته برای تشخیص بیماری سفیدک داخلی به دلیل تمایز زیاد لکه از سطح سالم در مقادیر مؤلفه رنگی Cr بود.

در پایان به نظر میرسد با توجه به اینکه بیماری سفیدک داخلی بصورت منطقه ای در مزرعه یا گلخانه شیوع می یابد می توان گفت که نتایج این تحقیق جهت استفاده در سمپاش های نقطه پاش قابل قبول می نماید. با در نظر گرفتن این نکته که قسمت های سفید در تصاویر باینری حاصله که نمایانگر بیماری بودند دارای مقدار عددی یک و قسمت های سیاه دارای مقدار عددی صفر هستند، با ارسال این اعداد به عملگرها می توان بر روی موقعیت مورد نظر (گیاه آلوده و شدت آلودگی) پاشش نمود. میزان رضایت از درصد موفقیت الگوریتم ارائه شده بستگی به نحوه کار دستگاه سم پاش و یا از بین برنده گیاه آلوده دارد.

<sup>1</sup> . Correct Classification rate

<sup>2</sup> . Misclassification rate

## منابع

1. بهداد، ا. (1369). بیماری های گیاهان زراعی ایران. چاپ نشاط اصفهان.
2. رنجبر، ع.، د. شهریار و ر. دافضی. (1387). ارزیابی مقاومت ژرم پلاسما خیار نسبت به بیماری سفیدک داخلی کدوئیان ناشی از *Pseudoperonospora cubensis*. مجله حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد 22، شماره 2.
3. نصحی غ، ح. (1380)، خیار داربستی، انتشارات صنوبر.
4. Bock, C.H., Poole, G.H., Parker, P.E. and Gottwald, T.R. (2010). Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. *Critical Reviews in Plant Science*, 29, 59–107.
5. Chen, Y.R., Chao, K. and Moon, S.K. (2002). Machine vision technology for agricultural applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2–3), 173–191.
6. Chupp, C. and Sherf, A. (1980). *Vegetable disease and their control*, Roland Press Company, New York. 310-311.
7. El-Hally, M., Refea, A., Al-Gamal, S. and Al-Whab, R.A. (2004). Integrating diagnostic expert system with image processing via loosely coupled technique. 2nd International conference on information and systems, Cario, Egypt, pp; 1-15.
8. Granitto, P.M., Verdes, P.F., Ceccatto, H.A. (2005). Large scale investigation of weed seeds identification by machine vision techniques. *Computer and Electronic in Agriculture*. 47 (1), 15–24.
9. Hemming, J. (2000). *Computer Vision for Identifying Weeds in Crops*. Gartenbautechnische Informationen, Heft 50. Institut fur Technick in Gartenbau und Landwirtschaft, Universitat Hannover.
10. Hemming, J. and Rath, T. (2001). Computer-vision-based weed identification under field conditions using controlled lighting. *Journal of Agricultural Engineering*, 78(3), 233–243.
11. Hillnhuetter, C. and Mahlein, A.K. (2008). Early detection and localisation of sugar beet diseases: new approaches. *Gesunde Pflanzen*, 60, 143–149.
12. Moya, E.A., Barrales, L.R., Apablaza, G.E. (2005). Assessment of the disease severity of squash powdery mildew through visual analysis, digital image analysis and validation of these methodologies. *Crop Protection*. 24 (9), 785–789.
13. Onyango, C.M. (2003). Segmentation of row crop plants from weeds using colour and morphology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39, 141–155.
14. Skaloudova, B., Krivan, V., Zemek, R. (2006). Computer-assisted estimation of leaf damage caused by spider mites. *Computer and Electronics in Agriculture*. 53 (2), 81–91.
15. Steddom, K., Bredehoeft, W.M., Khan, M. and Rush, M.C. (2005). Comparison of visual and multispectral radiometric disease evaluations of *Cercospora* leaf spot of sugar beet. *Plant Disease*, 89, 153–158.
16. Wang, D., Ram, M.S. and Dowell, F.E. (2002). Classification of damaged soybean seeds using near-infrared spectroscopy. *American Society of Agricultural Engineers*, 4(6), 1943–1948.