مجله مهندسي بيوسيستم ايران (۴۳) ۲, ۱۳۹۱ (۱۳۱-۱۲۵)

بازشناسي ارقام پسته بر پايه ماشين بينايي و فيلترهاي گابور

اسما شمسي گوشكي[1]*، سعيد سريزدي[2]، حسين نظام‌آبادي پور[3] و حمزه شمسي گوشكي[4]
۱، كارشناس ارشد، ۲، ۳، دانشيار، دانشگاه شهيد باهنر كرمان ٤، دانشجو، دانشگاه تربيت مدرس تهران
(تاريخ دريافت: ۱۳۹۰/۵/۲- تاريخ تصويب: ۱۳۹۱/۱/۲۹)

چكيده

در اين تحقيق با استفاده از فيلترهاي گابور، روشي براي استخراج ويژگي‌هاي مناسب از تصاوير پسته و بازشناسي رقم آن، ارائه شده است. برخلاف روش‌هاي موجود دسته‌بندي ارقام پسته كه بر اساس پردازش تك‌تك دانه‌هاي پسته انجام شده‌اند، در روش حاضر، تصوير مجموعه‌اي از دانه‌هاي پسته به عنوان بافت مورد پردازش قرار مي‌گيرد كه اين امر موجب كارآيي و افزايش سرعت مي‌گردد. روش ارائه شده روي مجموعه‌اي شامل ۱۰۰۰ زيرتصوير از ۵ رقم متداول پسته آزمايش شده است. براي طبقه‌بندي، طبقه‌بند k همسايه نزديكتر به‌كار رفته است. نتايج آزمايش، متوسط نرخ طبقه‌بندي صحيح براي مجموعه آزمايشي را معادل ۹۴/۸% نشان مي‌دهد كه مناسب بودن روش پيشنهادي براي بازشناسي پسته را تأييد مي‌كند.

واژه‌هاي كليدي: استخراج ويژگي، بازشناسي تصوير، طبقه‌بندي.

مقدمه

پسته به عنوان يک كالاي مهم صادراتي غير نفتي، نقش مهمي در اقتصاد ايران دارد (Dashti *et al.*, 2010). پسته داراي ارقام مختلفي است كه از جمله مهمترين آن‌ها مي‌توان احمدآقايي، فندقي، اكبري، بادامي و كله‌قوچي را نام برد. از آنجا كه رقم پسته يكي از شاخص‌هاي قيمت‌گذاري بازار محسوب مي‌شود و۸۰ % پسته ايراني در مقياس انبوه به بازار عرضه مي‌شود، تشخيص رقم پسته در حجم وسيع يك ضرورت به نظر مي‌رسد.

اخيراً توجه زيادي به روش‌هاي هوشمند تشخيص پسته معطوف شده است. يكي از روش‌هايي كه اخيراً مورد توجه قرار گرفته، استفاده از انعكاس صداست. Omid *et al.* (2007) روشي براي درجه‌بندي ارقام صادراتي پسته ايران (كله قوچي، اكبري، فندقي و احمدآقايي) با استفاده از صداي برخورد پسته به يک صفحه فلزي و طبقه‌بندي آن به كمك شبكه‌هاي عصبي ارائه كردند. در تحقيقاتي مشابه از روش‌هاي تشخيص صدا براي طبقه‌بندي پسته‌هاي باز و بسته استفاده شده است (Cetin *et al.*, 2004; Pearson, 2001).

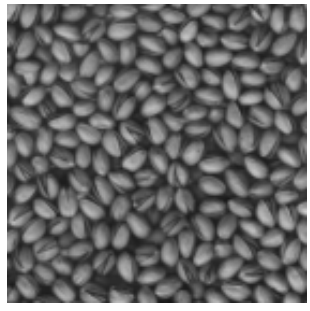
Ghazanfari *et al.* (1997) روشي مبتني بر ماشين بينايي با استفاده از شبكه‌هاي عصبي چند لايه براي طبقه‌بندي پسته‌ها به ٤ رقم، پيشنهاد كرده‌اند. آن‌ها از ويژگي‌هاي شكل (مثل محيط، مساحت، طول و عرض پسته‌ها)، توصيف‌گرهاي فوريه[1] و هيستوگرام تصاوير سطح خاكستري پسته براي استخراج ويژگي استفاده كرده‌اند. در تحقيق ديگري نيز براي تشخيص پسته خندان، كم خندان و ناخندان از بينايي ماشين استفاده شده است (Kasiri & Safabakhsh, 2007). در مقاله مذكور، روشي مبتني بر تفاضل مؤلفه رنگي تصوير پسته ارائه شده است. در اين روش از شبكه عصبي[2] و درخت تصميم[3] استفاده شده است. همچنين، در تحقيق ديگري، از تصاوير پرتو ايكس پسته براي تشخيص آفت استفاده شده است (Keagy *et al.* 1998 & 2000) Shiranita *et al. .al*, 1996) با استفاده از آناليز بافت و بينايي ماشين تصاوير بافت گوشت به تعيين كيفيت گوشت مي‌پردازند. در تحقيق ديگري از ماشين بينايي براي درجه‌بندي گوشت از نظر ميزان چربي بين بافتي استفاده شده است (Cheng *et al.*, 2008). Wang *et al.* (2010) از بينايي ماشين براي تشخيص كرم خوردگي دانه‌هاي بلوط استفاده كرده‌اند.

بافت‌ها، توصيف كننده‌ي ويژگي سطوح هستند و نقش بسيار مهمي را در بسياري از كاربردهاي پردازش تصوير و ماشين بينايي ايفا مي‌كنند (Kulak, 2002; Fan & Xia, 2003). تصوير پسته را مي‌توان به عنوان يک بافت در نظر گرفت (شكل (۱)). نزديک به سه دهه است كه از ظهور آناليز و تحليل بافت مي‌گذرد (Latif *et al.*, 2000; Lee & Pun, 2000). در ابتدا،

* نويسنده مسئول: as.shamsi.koshki@gmail.com

1. Fourier Descriptors
2. Neural Network
3. Decision tree

روش‌هاي ارائه شده در اين زمينه بر پايه‌ي آماره‌هاي مرتبه‌ي اول و دوم سطوح خاكستري پيكسل‌هاي تصوير و روش‌هاي مبتني بر مدل بودند. با ورود روش‌هاي پردازش تصويري مانند تبديل گابور و تبديل موجک، اين روش‌ها جايگزين روش‌هاي آماري گرديدند. (Lambert & Bock, 1997; Latif *et al*., 2000; Lee & Pun, 2000; Fan & Xia, 2003)



شكل ۱- تصوير پسته به صورت بافت

فيلترهاي گابور[1] به علت خواص مناسبي كه دارند به طور وسيع در زمينه‌هايي چون تحليل بافت (Haley & Manjunath , 1995; Vo *et al*., 2006)، طبقه‌بندي تصوير (Ahmadian *et al*. 2004; Clausi & Jernigan, 2000)، بازيابي تصوير (Han & K-Kuang, 2007)، تشخيص فونت (Allier & Emptoz, 2003) و غيره، مورد استفاده قرار مي‌گيرند. از جمله اين خواص، سادگي و امكان انتخاب جهت و فركانس در استخراج اطلاعات تصوير مي‌باشد. تابع گابور دو بعدي و تبديل فوريه آن طبق روابط (۱) و (۲) معرفي مي‌گردند. (Clausi & Jernigan, 2000; Smeulders *et al*., 2000; Ahmadian & Mostafa, 2003; Ahmadian *et al*., 2004; Nezamabadi-pour *et al*., 2003)

$$g(x,y)=\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y}\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2}+\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right)\times\exp(j2\pi u_0 x) \qquad (۱)$$

$$G(u,v)=\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{(u-u_0)_r^2}{\sigma_u^2}+\frac{v_r^2}{\sigma_v^2}\right)\right) \qquad (۲)$$

كه در اين روابط u_0، فركانس مركزي موج سينوسي را در راستاي محور x مشخص مي‌كند. σ_x و σ_y، به ترتيب انحراف معيار تابع پوش گوسي در راستاي محورهاي x و y و $\sigma_u=\frac{1}{2\pi\sigma_x}$ و $\sigma_v=\frac{1}{2\pi\sigma_y}$، به ترتيب انحراف معيار تابع گوسي در حوزه فركانس در راستاي محورهاي u و v هستند. موجک‌هاي گابور را مي‌توان از طريق گسترش[2] و چرخش[3] موجک مادر g(x,y) به صورت رابطه (۳) به دست آورد:

$$g_{m,n}(x,y)=a^{-m}g(x',y') \qquad a>1 \qquad (۳)$$

$$n=0,1,2,...,k-1 \qquad m=0,1,2,...,s-1$$

$$x'=a^{-m}(x\cos\theta+y\sin\theta)$$

$$y'=a^{-m}(-x\sin\theta+y\cos\theta)$$

$$\theta=\frac{n\pi}{k}$$

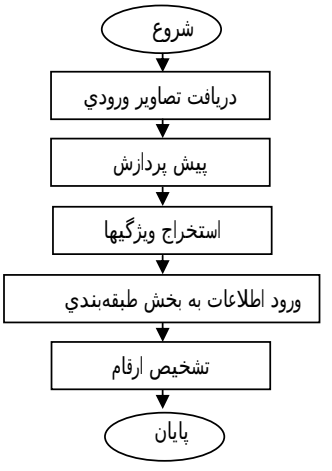
كه در آن $g_{m,n}$ ، نسخه تغيير مقياس و چرخش يافته‌ي فيلتر مادر $g(x,y)$ ، a، پارامتر مقياس، k، تعداد كل جهت‌ها[4]، s، تعداد كل مقياس‌ها[5] و m و n، به ترتيب مقياس و جهت هر فيلتر مي‌باشند. x' و y' نيز مختصات تبديل يافته هستند. با استفاده از اين فيلترها، از هر تصوير ورودي، تعدادي تصوير فيلتر شده استخراج مي‌شود كه هر كدام، شامل تغييرات شدت روشنايي در يک محدوده باريک از فركانس و جهت مي‌باشد. كليه روش‌هاي موجود در جداسازي ارقام پسته به روش بينايي ماشين، مبتني بر تصوير برداري و پردازش تک‌تک دانه‌هاي پسته مي‌باشند كه اين امر مستلزم صرف زمان زيادي است. همچنين در روش‌هاي بازشناسي بر پايه سيگنال صدا، ثبت سيگنال صوتي تک‌تک پسته‌ها، نيازمند زمان و دقت بسيار مي‌باشد. از اين رو، ارائه روشي مبتني بر پردازش تصاوير مجموعه‌اي از پسته‌ها به عنوان يک بافت مي‌تواند يک ضرورت به حساب آيد. در اين مقاله، روشي مبتني بر آناليز بافت براي تشخيص رقم پسته، ارائه مي‌شود. در اين روش، تصوير اخذ شده از مجموع پسته‌ها به عنوان يک بافت در نظر گرفته شده و با استفاده از فيلترهاي گابور، ويژگي‌هاي مناسب از تصاوير پسته استخراج و با استفاده از طبقه‌بند k همسايه نزديک‌تر[6] رقم‌ها دسته‌بندي مي‌شوند.

مواد و روش‌ها

شكل (۲) روندنماي روش پيشنهادي را نشان مي‌دهد. تصوير ورودي، تصويري رنگي از پسته‌ها به ابعاد ۳۴۹۸×۲۵۴۲ است. براي تهيه اين تصوير، پسته‌ها در ظرفي شيشه‌اي به ابعاد صفحه اسكنر، ريخته شده و روي صفحه اسكنر قرار گرفته‌اند. سپس تصويري رنگي با درجه تفكيک ۳۰۰dpi و با يک اسكنر HP ScanJet 6300c اسكن شده است. يک نمونه از تصوير اسكن شده در شكل (۳) آمده است. همان گونه كه شكل (۲) نشان مي‌دهد، تصوير ورودي ابتدا پيش‌پردازش مي‌شود. سپس ويژگي‌هاي گابور از تصوير پيش‌پردازش شده، توسط بانک فيلتر گابور، استخراج شده و به طبقه‌بند k همسايه نزديكتر سپرده

1. Gabor Filters
2. Extension
3. Rotation
4. Orientation
5. Scale
6. k-Nearest Neighbors

مي‌شوند. خروجي طبقه‌بند، رقم پسته ورودي را مشخص مي‌كند. روش پيشنهادي براي طبقه‌بندي و بازشناسي ۵ رقم پسته آزمايش شده است.



شكل ۲- نمودار جريان روش پيشنهادي

در مرحله پيش‌پردازش، از آنجا كه تنها اطلاعات بافت مورد استفاده قرار مي‌گيرد، به منظور كاهش محاسبات، ابتدا تصوير رنگي به سطح خاكستري تبديل مي‌شود. سپس به منظور افزايش نرخ طبقه‌بندي، از تصوير خاكستري به طور اتفاقي زيرتصويرهايي به ابعاد ۲۰۴۸×۲۰۴۸ استخراج شده و به زيرتصويرهايي با ابعاد ۵۱۲×۵۱۲ نرماليزه شده سپس به مرحله استخراج ويژگي ارسال مي‌شوند. لازم به ذكر است كه انتخاب اين ابعاد با درنظر گرفتن دو مسئله زير حاصل شده است. نخست آنكه انتخاب زيرتصوير كوچك، باعث مي‌شود اطلاعات زيادي در يک پنجره قرار نگيرد، در نتيجه نرخ طبقه‌بندي پايين مي‌آيد و ديگري اينكه انتخاب زيرتصوير بزرگ، موجب افزايش محاسبات و كند شدن سامانه مي‌گردد. در مجموع ۲۰۰۰ زير-تصوير ۵۱۲×۵۱۲ (۴۰۰ زيرتصوير براي هر رقم پسته) تهيه شده است. اين زيرتصاوير به دو مجموعه يادگيري و آزمايش تقسيم مي‌شوند. شكل (۴)، پنج زيرتصوير (از هر رقم پسته يک زيرتصوير) را نشان مي‌دهد.

شكل ۳- يک نمونه از تصوير ورودي

(بادامي) (احمدآقايي) (كله قوچي) (فندقي) (اكبري)

شكل ۵- نمونه‌اي از زيرتصويرهاي ارقام پسته

در اين تحقيق، براي استخراج ويژگي از فيلترهاي گابور با ۵ مقياس و ۶ جهت (s=۵ و k=۶)، در مجموع ۳۰ فيلتر، بر اساس توصيه‌ي استاندارد MPEG-7 استفاده شده است (Manjunath *et al.*, 2002). به دليل تصادفي بودن جهت پسته‌ها در تصوير، ميانگين و انحراف معيار به دست آمده از زيرتصويرهاي فيلتر شده، در دو جهت θ=۱۲۰° و θ=۱۵۰° به ترتيب به مقادير حاصل از جهت‌هاي θ=۶۰° و θ=۳۰° نزديک هستند. براي حذف اين اطلاعات اضافي، دو جهت θ=۱۲۰° و θ=۱۵۰° حذف و در نهايت از پنج مقياس و چهار جهت ۹۰°، ۶۰°، ۳۰° و θ=۰° كه در مجموع ۲۰ فيلتر را تشكيل مي‌دهند، استفاده شده است. زيرتصوير ۵۱۲×۵۱۲ از ۲۰ كانال فيلتر گابور عبور كرده و زيرتصويرهاي فيلتر شده آن از رابطه (۴) محاسبه شدند.

$$I_{m,n}(x,y) = f^{-1}\left[I(u,v)G_{m,n}(u,v)\right] \qquad (۴)$$

كه در آن $I_{m,n}(x,y)$ تصوير فيلتر شده با فيلتر در جهت m و مقياس n، $I(u,v)$ تبديل فوريه تصوير و $G_{m,n}(u,v)$ تبديل فوريه $g_{m,n}(x,y)$ است. از هر تصوير دو پارامتر ميانگين و انحراف معيار، مطابق رابطه (۵) به عنوان ويژگي استخراج شدند.

$$\sigma_{m,n} = \sqrt{\iint \left(I_{m,n}(x,y) - \mu_{m,n}\right)^2 dxdy} \qquad (۵)$$

$$\mu_{m,n} = \iint \left|I_{m,n}(x,y)\right| dxdy$$

که در آن $\mu_{m,n}$ و $\sigma_{m,n}$ به ترتيب ميانگين و انحراف معيار تصوير فيلتر شده با فيلتر در جهت m و مقياس n است. در نهايت، خروجي مرحله استخراج ويژگي، يک بردار ۴۰ بعدي متناظر با تصوير ورودي مطابق رابطه (۶) است و براي طبقه-بندي و تعيين نوع تصوير ورودي به مرحله طبقه‌بندي سپرده مي‌شود.

$$\bar{f} = [\mu_{00}, \sigma_{0,0}, \mu_{01}, \sigma_{0,1}, ... \mu_{43}, \sigma_{4,3}] \quad (۶)$$

در مرحله طبقه‌بندي بايد از يک طبقه‌بند مناسب براي تشخيص رقم پسته استفاده شود زيرا نوع طبقه‌بند مورد استفاده در ميزان کارايي روش پيشنهادي تاثير دارد. معمول‌ترين طبقه-بندي که در مقالات بازشناسي تصوير استفاده مي‌شود، طبقه‌بند k همسايه نزديکتر است. (Szummer & Picard, 1998; Guerin-Dugue & Oliva, 2000; Nezamabadi-pour *et al*., 2003) در اين مقاله نيز به منظور بازشناسي تصاوير پسته و تشخيص رقم آن‌ها از طبقه‌بند k همسايه نزديکتر که در چنين کاربردهايي از کارايي بالايي برخوردار است استفاده شده است (Cover & Hart, 1997). در اين طبقه‌بندي، ابتدا بردارهاي ويژگي زيرتصويرهاي متعلق به مجموعه يادگيري به صورت دستي برچسپ مي‌خورند يعني رقم پسته هر زيرتصوير به طور دستي مشخص مي‌شود. سپس بردار ويژگي هر زيرتصوير متعلق به مجموعه آزمايش با بردارهاي ويژگي مربوط به زيرتصاوير برچسب خورده، در مجموعه يادگيري مقايسه شده و تعداد k همسايه نزديکتر به زيرتصوير مذکور، مشخص مي‌شوند. زيرتصوير ورودي مربوط به رقم پسته‌اي است که از بين k زير-تصوير نزديکتر، تعداد بيشتري متعلق به آن رقم باشند. براي مقايسه هر زيرتصوير از مجموعه آزمايش با زيرتصاوير مجموعه يادگيري، بايد فاصله بين بردارهاي ويژگي دو زيرتصوير با معيار مناسبي سنجيده شود که در اين تحقيق از معيار χ^2 براي اين منظور استفاده شده است. دليل استفاده از اين معيار، کارايي بالاي آن در بازيابي تصاوير با ويژگي گابور است (Nezamabadi-pour & Kabir, 2004; Nezamabadi-pour & Kabir, 2009; Rubner *et al*., 2001) اين فاصله براي دو بردار n بعدي $\underline{X} = (x_1, x_2, ..., x_n)$ و $\underline{Y} = (y_1, y_2, ..., y_n)$ مطابق رابطه (۷) تعريف مي‌شود.

$$\chi^2 : D(X,Y) = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{x_i - y_i}{x_i + y_i} \right)^2 \quad (۷)$$

که در اين رابطه، x_i و y_i به ترتيب مولفه iام از بردارهاي X و Y مي‌باشند.

سپس نرخ طبقه‌بندي و ميانگين آن براي هر رقم پسته بر اساس روابط (۸) و (۹) محاسبه مي‌شود.

(۸)

مجموع زيرتصويرهايي از هر ۵ رقم پسته که به درستي طبقه بندي شده‌اند / ۱۰۰۰= کل زيرتصويرهاي موجود در مجموعه آزمايش * ۱۰۰ = ميانگين نرخ طبقه‌بندي

(۹)

تعداد زيرتصويرهايي از رقم پسته I که به درستي طبقه‌بندي شده‌اند / ۲۰۰= کل زيرتصويرهاي رقم پسته iام در مجموعه آزمايش * ۱۰۰ = نرخ طبقه‌بندي رقم پسته i

نتايج و بحث

به منظور ارزيابي کارايي روش پيشنهادي، آزمايش‌هاي مختلفي انجام شده است که در ادامه اين بخش هر کدام به طور جداگانه مورد بحث قرار مي‌گيرند. در اولين آزمايش، نرخ طبقه-بندي با در نظر گرفتن نيمي از زيرتصاوير (۱۰۰۰ زيرتصوير) براي يادگيري، محاسبه شده است. سپس در آزمايش‌های ديگری تأثير پارامترهاي k و تعداد زيرتصاوير مجموعه يادگيري، مورد بررسي قرار گرفته و در نهايت کارايي روش پيشنهادي با روش‌هاي موجود ديگر مقايسه شده است.

نرخ طبقه‌بندي با ۱۰۰۰ زيرتصوير در مجموعه آزمايش

نتايج حاصل از طبقه‌بندي براي مجموعه آزمايش با ۱۰۰۰ زيرتصوير (نيمي از تصاوير براي يادگيري و نيمي براي آزمايش) و k=۷ در جدول (۱) آمده است. اين جدول، تعداد زيرتصاويري که در هر گروه به درستي يا اشتباه بازشناسي شده‌اند را نشان مي‌دهد. در اين جدول، درايه‌هاي قطري (i,i) نشان‌دهنده تعداد زيرتصاويري از رقم پسته iام است که به درستي طبقه‌بندي شده‌اند و درايه (i,j) نشان‌دهنده تعداد زيرتصاويري از رقم پسته‌iام است که به اشتباه به پسته رقم jام نسبت داده شده‌اند. با توجه به نتايج جدول (۱)، بالاترين نرخ طبقه‌بندي براي رقم بادامي و فندقي، کمترين نرخ طبقه‌بندي براي رقم احمدآقايي و ميانگين نرخ طبقه‌بندي براي کل مجموعه آزمايش ۹۴/۸% حاصل شد.

جدول ۱- نتايج طبقه‌بندي تصاوير ورودي براي ۵ رقم پسته براي مجموعه يادگيري شامل ۱۰۰۰ زيرتصوير.

		رقم واقعي پسته					نرخ طبقه‌بندي (%)
		بادامي	فندقي	کله قوچي	احمدآقايي	اکبري	
رقم پسته نسبت داده شده	بادامي	۲۰۰	۰	۰	۰	۰	%۱۰۰
	فندقي	۰	۲۰۰	۰	۰	۰	%۱۰۰
	کله قوچي	۰	۰	۱۸۴	۶	۱۰	%۹۲
	احمد آقايي	۰	۰	۳۱	۱۶۸	۱	%۸۴
	اکبري	۰	۳	۰	۱	۱۹۶	%۹۸

تنظيم پارامترها

در روش پيشنهادی، k و تعداد زير تصاوير مجموعه يادگيري، پارامترهايي هستند كه تنظيم آن‌ها مي‌تواند در كارايي الگوريتم تأثير داشته باشد. در ادامه اثر هر كدام از اين پارامترها به طور جداگانه بر روي نتايج بررسي مي‌شود.

الف) پارامتر **k**

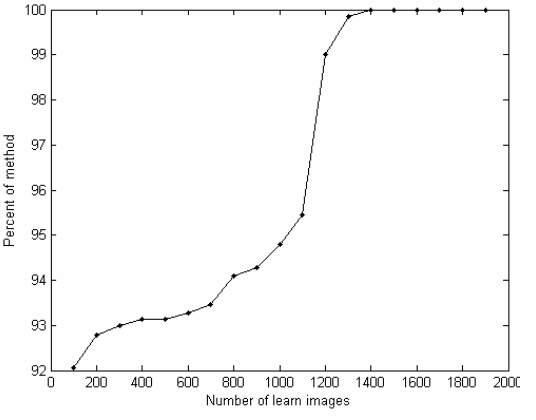
به منظور بررسی تأثير پارامتر k، در اين تحقيق به ازای مقادير مختلف k، {1,3,5,7,9,11,13,15,17,19}= k، عمل طبقه‌بندي انجام و نتايج در جدول (۲) آورده شده است. همانطور كه مشاهده مي‌شود، بالاترين نرخ طبقه‌بندي به ازاي k=۷ حاصل می‌شود. لازم به ذكر است، در تمام آزمايش‌هاي انجام شده، تعداد زيرتصاوير متعلق به مجموعه يادگيري، ثابت و برابر با ۱۰۰۰ است.

ب) پارامتر تعداد زيرتصاوير مجموعه يادگيري

براي بررسي نقش تعداد زيرتصاوير مجموعه يادگيري، نرخ طبقه‌بندي به ازای تعداد متفاوتي از زيرتصاوير به عنوان مجموعه يادگيري به دست آمده است. شكل (۵)، گراف نرخ طبقه‌بندي زيرتصاوير بر حسب تعداد زيرتصاوير مجموعه يادگيري، را نشان مي‌دهد. با توجه به اينكه در اين تحقيق از ۲۰۰۰ زيرتصوير براي يادگيري و آزمايش استفاده شده است، اگر تعداد زيرتصاوير مجموعه يادگيري با a نشان داده شود، تعداد a-۲۰۰۰ زيرتصوير براي مجموعه آزمايش باقي مي‌ماند. در شكل (۵)، محور افقي پارامتر a را نشان مي‌دهد كه بين ۱۰۰ تا ۱۹۰۰ متغير است. همان طور كه مشاهده مي‌شود، با افزايش تعداد زيرتصاوير مجموعه يادگيري (a)، نرخ طبقه‌بندي افزايش مي‌يابد.

جدول ۲- نرخ طبقه‌بندي تصاوير با مقادير مختلف **k**

k	۱	۳	۵	۷	۹	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۱۹
نرخ طبقه‌بندي	۹۴/۴	۹۴/۷	۹۴/۶	۹۴/۸	۹۴/۶	۹۴/۷	۹۴/۳	۹۴/۴	۹۴/۵	۹۴/۷



شكل ۵- نرخ طبقه‌بندي تصاوير بر اساس تعداد متفاوتي از مجموعه يادگيري

لازم به ذكر است كه به منظور حفظ درصد معنی‌داری از زيرتصاوير برای آزمايش، در اين مقاله ۱۰۰۰ زيرتصوير (نيمي از زيرتصاوير) به منظور تعين نرخ طبقه‌بندی نگهداشته شده‌اند.

در روش‌هاي موجود، دسته بندي ارقام پسته بر اساس پردازش تك تك دانه‌هاي پسته انجام مي‌شود. Ghazanfari *et al* (1997) با استفاده از شبكه‌هاي عصبي چند لايه، به طبقه‌بندي كيفي پسته‌ها به ۴ رقم پرداخته‌اند. آنها از ويژگي‌هاي شكل (مثل محيط، مساحت، طول و عرض پسته‌ها)، توصيف گرهاي فوريه و هيستوگرام تصوير سطح خاكستري پسته براي استخراج ويژگي استفاده كرده‌اند. ميانگين نرخ طبقه‌بندي در اين روش، ۹۵% است. در تحقيق ديگري Omid *et al*. (2007) روشي براي درجه بندي ارقام صادراتي پسته ايران (كله قوچي، اكبري، فندقي و احمدآقايي) با استفاده از صداي برخورد پسته به يك صفحه فلزي و طبقه‌بندي آن به كمك شبكه‌هاي عصبي با ميانگين نرخ طبقه‌بندي ۹۷/۵% ارائه كرده‌اند. در تحقيقاتي مشابه از تشخيص صدا براي طبقه‌بندي پسته به دو گروه باز و بسته استفاده شده است (Cetin *et al*., 2004; Pearson, 2001) Cetin *et al*., (2004) به نرخ طبقه‌بندي ۹۹% و Pearson *et al*., (2001) به نرخ طبقه‌بندي ۹۷% رسيده‌اند. تفاوت اين دو روش در ويژگي‌هايي است كه از سيگنال صدا براي طبقه‌بندي پسته‌ها استخراج شده است.

روش‌هاي موجود به دليل پردازش روي تك تك دانه‌هاي پسته، مي‌توانند در دانه‌بندي مورد استفاده قرار گيرند. اما در تعيين كيفيت محصول به منظور قيمت‌گذاري، چون تشخيص سريع رقم پسته از روي مجموعه‌اي از پسته‌ها حائز اهميت است، كاربرد چنداني ندارند. در روش پيشنهادي، تصوير تعداد زيادي از پسته‌ها به جاي تنها يك دانه پسته مورد بررسي قرار مي‌گيرد، به همين دليل از نظر زماني كم هزينه و با دقت ۹۴/۸% در تعيين كيفيت محصول به منظور قيمت‌گذاري پركاربرد است. لازم به ذكر است كه اين روش در دانه‌بندي اتوماتيك محصول كاربرد چنداني ندارد.

نتيجه‌گيري كلي

در اين تحقيق با استفاده از فيلترهاي گابور، روشي براي استخراج ويژگي‌هاي مناسب از تصاوير پسته و بازشناسي رقم آن

ارائه شد. روش پيشنهادي روي مجموعه‌اي شامل ۱۰۰۰ زيرتصوير از ۵ رقم متداول پسته، آزمايش گرديد. براي طبقه-بندي از طبقه‌بند k همسايه نزديکتر استفاده شد. نتايج آزمايش، متوسط نرخ طبقه‌بندي صحيح را معادل ۹٤/۸% به‌دست مي‌دهد که مناسب بودن روش پيشنهادي براي بازشناسي رقم پسته را تاييد مي‌کند. برخلاف روش‌هاي موجود دسته‌بندي ارقام پسته که بر اساس پردازش تک‌تک دانه‌هاي پسته انجام شده‌اند، در روش حاضر، تصوير مجموعه‌اي از دانه‌هاي پسته به عنوان بافت مورد پردازش قرار گرفته است، به همين دليل از نظر تحليل زماني کم هزينه بوده و از دقت خوبي برخوردار است.

REFERENCES

Ahmadian, A. & Mostafa, A. (2003). An efficient texture classification algorithm using Gabor wavelet. In: Proceedings of *25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society,* 17-21 Sept., Cancun, Mexico, Vol. 1, No. 1, pp. 930-933.

Ahmadian, A., Mostafa, A., Abolhassani, M. D. & Riahi, N. (2004). A method for texture classification of ultrasonic liver images based on Gabor Wavelet. In: Proceedings of *7th International Conference on Signal Processing (icsp04)*, 31 Aug.-4 Sept., Beijing, China, Vol. 2, No. 1, pp. 971-974.

Allier, B. & Emptoz, H. (2003). Font type extraction and character prototyping using gabor filters. In: Proceedings of *7th International Conference on Document Analysis and Recognition*, 3-6 August., Heriot-Watt University, Edinburgh, Scotland, Vol. 2, No. 1, pp.799-803.

Cetin, A. E., Pearson ,T. C. & Tewfi, A. H. (2004). Classification of closed-and open-shell pistachio nuts using voice-recognition technology. *Transactions of the ASAE*, 47(2), 659-664.

Cheng, J. D., Da, S., Patrick, J. & Paul, A. (2008). Development of a hybrid image processing algorithm for automatic evaluation of intramuscular fat content in beef M. longissimus dorsi. *Meat Science*, 80(4), 1231–1237.

Clausi, D. A. & Jernigan, M. Ed. (2000). Designing Gabor filters for optimal texture separability. *Pattern Recognition*, 33(1), 1835-1849.

Cover, T. M. & Hart, P. E. (1967). Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory*, 13(1), 21-27.

Dashti, GH., Khodavardizade, M. & Rezayee, R. M. (2010). Analysis of comparative advantage and the structure of global pistachio export market. *Journal of Agricultural Economics and Development,* 24(1), 99-106. (In Farsi).

Fan, G. & Xia, X. (2003). Wavelet-Based texture analysis and synthesis using hidden Markov models. *IEEE Trans Circuits Systems*, 50(1), 106–120.

Ghazanfari, A., Kusalik, A. & Irudayaraj, J. (1997). Application of a multi structure neural network (MSNN) to sorting pistachio nuts. *International Journal of Neural Systems (IJNS)*, 8(1), 55-61.

Guerin-Dugue, A. & Oliva, A. (2000). Classification of scene photographs from local orientations features. *Pattern Recognition Letters,* 21(1), 1135-1140.

Haley, G. M. & Manjunath, B. S. (1995). Rotation invariant texture classification using the modified Gabor filters. In: Proceedings of *IEEE International Conference on Image Processing (IEEE ICIP.95),* 23-26 Oct., Washington DC, USA, Vol. 1, No. 1, pp. 262-265.

Han, J. & K-Kuang, Ma. (2007). Rotation-invariant and scale-invariant Gabor features for texture image retrieval. *Image and Vision Computing*, 25(1), 1474-1481.

Kasiri, s. & Safabakhsh, R. (2007). Identify smiling, low-smiling and non-smiling pistachio using machine vision. In: Proceedings of *The Third Conference on Information Technology and Knowledge*, 27-29 Nov., Mashhad, Iran.(In Farsi).

Keagy, P., Parvin, B. & Schatzki, T. (1996). Machine recognition of navel orange worm damage in x-ray images of pistachio nuts., LWT – *Food Science and Technology*, 29(1), 140-145.

Kulak, E. (2002). *Analysis of textural image features for content based retrieval*. Ph. D. dissertation, University of Sabanci, Istanbul, Turkey.

Lambert, G. & Bock, F. (1997). Wavelet methods for texture defect detection. In: Proceedings of *IEEE International Conference on Image Processing,* 26-29 Oct., Washington, DC, USA, Vol. 3, No. 1, pp. 201-204.

Lee, M. C. & Pun, C. (2000). Texture classification using dominant Wavelet packet energy features. In: Proceedings of *4th IEEE Southwest Symposium, Image Analysis and Interpretation,* 2-4 April., Austin, Texas, USA, pp. 301–304.

Manjunath, B. S., Salembier, P. & Sikora, T. (2002). *Introduction to MPEG-7, multimedia content description standard*. New York: Wiley.

Nezamabadi-pour, H. & Kabir, A. (2004). Evaluation of dis-similarity measure in retrieve and classification image. *Modares Journal of Engineering,* 1(1), 140-145. (In Farsi).

Nezamabadi-pour, H. & Kabir, E. (2009). Concept learning by fuzzy k-NN classification and relevance feedback for efficient image retrieval. *Expert System with Application (ESWA)*, 36(3), 5948-5954.

Nezamabadi-pour, H., Saryazdi, S. & Ebrahimi, A. (2004). Farsi font recognition by gabor filters . In: Proceedings of *9th Yearly Conference of Iranian Computer Society,* 17-19 Feb., Sharif University of Technology, Tehran, Iran, pp, 371-378. (In Farsi).

Omid, M., Mahmoudi, A., Aghagolzadeh, A. & Borghaee, A. M. (2007). Separating Pistachio

varieties using automatic trainable classifier. In: Proceedings of *The 3th IEEE International Conference on Autonomic and Autonomous Systems (ICAS'07)*. 19-25 June., Athens, Greece, PP. 44.

Pearson, T. C. (2001). Detection of pistachio nuts with closed shells using impact acoustics. *Applied Engineering in Agriculture*, 17(2), 249-253.

Rubner, Y., Puzicha, J., Tomasi, C. & Buhmann, J. M. (2001). Empirical evaluation of dissimilarity measures for color and texture. *Computer Vision and Image Understanding*, 84(1), 25–43.

Shiranita, K., Hayashi, K. & Otsubo, A. (2000). Grading meat quality by image processing. *Pattern Recognition Letters,* 33(1), 97-104.

Shiranita, K., Miyajima, T. & Takiyama, R. (1998). Determination of meat quality by texture analysis. *Pattern Recognition Letters,* 19(1), 1319-1324.

Smeulders, A. W. M., Worring, M., Santini, S., Gupta, A. & Jain, R. (2000). Content-based image retrieval at the end of the early years. *IEEE Transaction Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(12), 1349-1380.

Szummer, M. & Picard, R. W. (1998). Indoor-outdoor image classification. In: Proceedings of *IEEE International Workshop on Content-Based Access of Image and Video Database*, 3 Jan., Bombay , India, pp. 42-51.