

ساخت و ارزیابی سامانه تشخیص تراکم توده زنبور درون کندو با استفاده از بینایی ماشین

سامان آبدانان مهدی‌زاده*^۱، مریم سلطانی کاظمی^۲

۱. استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۱۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۵)

چکیده

هدف از این پژوهش ساخت یک کندو مجهز به سامانه اخذ و تحلیل تصاویر به صورت بی‌سیم و بی‌درنگ به منظور بررسی تراکم توده زنبور درون کندو و در صورت نیاز نابودسازی آفت‌های احتمالی با تله‌گذاری می‌باشد. در این مطالعه از دو روش جریان نوری و ماتریس تفاوت-تن خاکستری همسایگی به منظور بررسی وضعیت کندو و تعیین فعالیت زنبورها استفاده گردید. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد که مطابق تحلیل جریان نوری، میانگین در سطح احتمال ۵ درصد توانایی تشخیص تراکم توده را دارد. مطابق با تحلیل بافت، ویژگی‌های شلوعی و پیچیدگی با وضعیت تراکم توده زنبورها درون کندو دارای ارتباط معنی‌داری می‌باشند ($p < 0.05$). همچنین به منظور تشخیص فعالیت زنبورها، از طبقه‌بندکننده غیرخطی بیز استفاده گردید که ترکیب میانگین و پیچیدگی و میانگین و شلوعی به ترتیب با دقت کلی ۹۸/۶۷ و ۹۲/۹۵ درصد داده‌ها را دسته‌بندی نمودند.

واژه‌های کلیدی: زنبور عسل، بی‌سیم، ماشین بینایی، جریان نوری، ماتریس تفاوت-تن خاکستری همسایگی

مقدمه

گونه‌های مهم زنبور عسل شامل زنبور عسل کوچولو *A. florea*، زنبور عسل بزرگ *A. dorsata*، زنبور عسل هندی *A. cerana* و زنبور عسل اروپایی *A. mellifera* بوده که تنها دو گونه آخر آن دارای کندو می‌باشند. از میان این چهار گونه، زنبور عسل اروپایی در اغلب نقاط ایران به جز در مناطق کویری وجود دارد. اهمیت زنبور عسل در گرده افشانی و افزایش عملکرد برخی از محصولات کشاورزی و فرآورده‌های جنبی آن است. اکثر تولیدات گیاهی و دامی مورد نیاز انسان، مستقیم یا غیرمستقیم تحت تاثیر عمل این حشره کوچک و پرمفعت می‌باشد (Bradbear, 1987). علاوه بر این زنبور عسل به دلیل تولید فرآورده‌هایی نظیر موم، نقش مهمی در صنایع داروسازی، شمع‌سازی، قالب‌سازی، نساجی، واکس‌سازی، کاغذ سازی و لوازم آرایشی دارد (Krell, 1996). زنبور عسل دارای آفات و شکارچیان زیادی است که به دو صورت منجر به کاهش کارایی آن می‌شوند. برخی به طور مستقیم به خود زنبور صدمه وارد می‌کنند که این خود به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول باعث ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی و رفتاری شده و از این طریق سبب ضعف و زوال تدریجی حشره می‌شوند که از این گروه

می‌توان به کنه و آرا، کنه تراشه‌ای و برخی از دویالان اشاره نمود. دسته دوم به عنوان شکارچی عمل نموده و با تغذیه از زنبور تلفات شدیدی را در داخل کلنی ایجاد می‌کنند که این گروه شامل دوزیستان، پرنده‌گان، پستانداران، عنکبوتیان و بسیاری از حشرات دیگر می‌باشند (Ahmadi, 1984; Buryett et al., 1994; Mossadegh et al., 1983). بعضی از انواع آنها به زور وارد کندو شده و با مقداری عسل خارج می‌شوند. گرچه آفت درجه دو محسوب می‌شوند ولی در بعضی نقاط خسارت قابل توجهی به کندوهای زنبور عسل وارد کرده و گاهی موجب نابودی آنها می‌گردند.

زنبورهای عسل به طور دسته جمعی زندگی می‌کنند و به منظور پیچیدگی و مهارت رفتاری آنها مستعد کار علمی بسیار می‌باشند. بدین منظور پیشرفت‌هایی در این زمینه توسط Von Frisch (1967) با تمرکز بیشتر روی درک راه‌های ارتباطی زنبور عسل با تکیه بر صوت و ارتعاشات بدن انجام شده است. تفاوت در تعداد و زمان این ارتعاشات می‌تواند پیام‌های مختلفی را مخابره کند که این ارتعاشات و نحوه تغییرات آن در زنبورهای مختلف متفاوت می‌باشد. بر طبق این استدلال و ترکیبی از فناوری‌های ارزان و نسبتاً ساده تجزیه و تحلیل آماری رفتار گروهی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی از این حشرات را بدست آورد. در برنامه‌های کاربردی مختلف از جمله ترافیک (Bellomo

* نویسنده مسئول: saman.abdanan@gmail.com

مواد و روش‌ها

اخذ تصویر و انتقال آن به صورت بی‌سیم

در این پژوهش از یک وب‌کم (مدل XP 970، ساخت کشور آلمان) که دارای رزولوشن ۱۶ مگاپیکسل بود به منظور اخذ فیلم استفاده گردید. شایان ذکر است که فیلم‌ها با سرعت ۳۰ فریم بر ثانیه ذخیره شدند. دوربین در قسمت تحتانی یک کندو قرار گرفت. به منظور تامین نور مورد نیاز از دو نوار لامپ led (۵ W) که در درب کندو بالای وب‌کم قرار داشتند استفاده گردید. تصاویر بعد از اخذ به صورت بی‌درنگ و بی‌سیم به رایانه برای بررسی و تحلیل فرستاده می‌شدند. در ضمن سیستم توسعه یافته قابلیت اخذ عکس به صورت بازه زمانی دلخواه را نیز دارا می‌باشد. سیستم فرستنده (TS5833) و گیرنده (RC805) به کار گرفته شده ساخت شرکت Boscam چین بودند که با استفاده از امواج مدوله FM با فرکانس ۵/۶۹ گیگاهرتز با برد سیستم ۲۰۰۰ متر می‌باشد که در صورت نیاز با طراحی هاب‌های میانی می‌توان برد سیستم را به مقدار دلخواه تغییر داد. شکل (۱) سیستم اخذ و ارسال بی‌سیم تصویر به صورت طرح‌واره نشان می‌دهد. به منظور ترغیب توده زنبورها برای داخل شدن به درون کندوی آزمایشگاهی زمانی که زنبورها بیرون رانده شدند، محل کندو اصلی آن‌ها ۵۰ متر جابه‌جا و کندوی آزمایشگاهی جایگزین آن گردید. هنگامی که زنبورهای کارگر به صورت توده‌ای برمی‌گشتند وارد کندوی آزمایشگاهی می‌شدند.

طراحی مدار کنترلی

به منظور اعمال کنترل مورد نیاز بعد از اخذ تصمیم (به عنوان مثال معدوم ساختن عوامل مزاحم و حمله کننده به کندو) مدار کنترلی شامل دو برد الکترونیکی گیرنده و فرستنده طراحی گردید (شکل ۲).

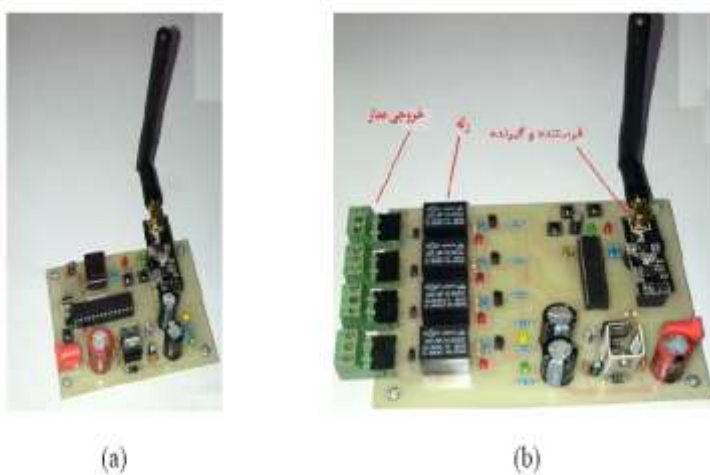
مدار فرستنده شامل چهار بخش مجزا است (شکل ۲a). این بخش‌ها شامل مدار چایی، بخش تغذیه، بخش پردازنده و بخش فرستنده بی‌سیم می‌باشد. مدار گیرنده نیز علاوه بر چهار بخش فوق‌الذکر، چهار رله به منظور فعال‌سازی عملگرهای مناسب با تصمیم کاربر است (شکل ۲b). برای ارسال داده‌ها به صورت بی‌سیم از ماژول nRF24L01+ (شرکت Nordic Semiconductor) استفاده شده است. فرکانس این آی‌سی برای دریافت و ارسال رادیویی اطلاعات، باند ۲/۴ گیگاهرتز می‌باشد. به منظور فعال‌سازی از ولتاژ تغذیه ۵ ولت استفاده گردید و اطلاعات از طریق ارتباط پورت سریال ارسال می‌شدند.

(Giles et al., 2009)، حرکت یخچال‌های طبیعی (et al, 2009) سلول و تحرک اسپرم (Weissleder & Pitter, 2008)؛ Cheng et al, 2009؛ Shi 2008) و مطالعه جمعیت انسانی (Courty & Corpetti, 2007؛ Ma & Cisar 2008) از الگوهای رفتاری بسیار استفاده شده است؛ اما از این روش کمتر در مطالعه گروه‌های مختلف حیوانات استفاده شده است (Bermond et al, 2006). مزیت استفاده از این روش‌ها این است که کل چارچوب و یا بخشی از چارچوب که شامل ده‌ها یا صدها نفر می‌باشد را می‌توان با هم مورد بررسی قرار داد و خواص آماری از این الگوها را می‌توان به صورت خودکار و مداوم به دست آورد (Sonka et al., 1999). با استفاده از این الگوریتم-ها می‌توان نتایج را به طور مداوم در زمان خود رصد کرد و تصمیم مناسب را اخذ نمود. در پژوهشی (Ferrari et al. (2008) با قرار دادن یک میکروفون در بالای قاب یک کندو به اندازه‌گیری صدای انعکاس شده توسط مجموعه‌ای از زنبورها پرداختند. این روش تنها یک ضبط کوتاه مدت و غیر قابل اطمینانی را فراهم می‌کند، اگر چه نویسندگان شواهدی را مبنی بر اینکه این صداهای تولید شده می‌توانند آماده‌سازی برای فرآیند گروهی را نشان دهند ارائه کردند. اندازه‌گیری صدای ضبط شده توسط میکروفون نشان داده هنگامی که زنبورهای عسل در معرض کرم ریز شکارگر یا سموم خاص کشنده موجود در هوا قرار می‌گیرند؛ صدای متفاوتی از آنها ساطع می‌شود. در پژوهشی دیگر (Bencsik et al. (2011) به پیشگویی زمان مهاجرت در کلونی زنبور با استفاده از ضبط صدا پرداختند.

یکی از راه‌های مطالعه رفتارهای این حشره سودمند استفاده از کندوهای هوشمند مجهز به سیستم‌های ضبط صدا و تصویر می‌باشد. در ضمن به منظور مبارزه با عوامل مزاحم و مهاجم به کندو زنبور و نابودسازی آن‌ها نیز می‌توان از این کندوها به صورت تله استفاده نمود. در نتیجه هدف از این پژوهش ساخت یک کندو مجهز به سیستم اخذ و تحلیل تصاویر به صورت بی‌سیم و بی‌درنگ به منظور بررسی رفتار (به عنوان مثال مهاجرت از کندو) و همچنین در صورت نیاز نابودسازی آفت‌های احتمالی با تله‌گذاری مناسب می‌باشد. دلیل استفاده از تکنولوژی بی‌سیم نیز عدم اعمال اغتشاش در مسائل رفتارشناسی و کاهش خطرات احتمالی ناشی از زنبور گزیدگی است. از طرف دیگر اگر این سیستم به صورت تله استفاده شود بدون نیاز به حضور فرد قابلیت معدوم کردن مهاجمان به کندو را دارد.



شکل ۱. سیستم اخذ تصویر و انتقال آن به صورت بی‌سیم



شکل ۲. مدار کنترلی برد الکترونیکی فرستنده (a) و گیرنده (b)

جریان نوری

تحلیل جریان نوری شامل تشخیص میزان تغییرات در روشنایی در هر ناحیه از فریم تصویر هم در زمان و هم در مکان می‌باشد (Sonka *et al.*, 1999). با ترکیب این تغییرات (تغییر در مکان و زمان)، بردارهای سرعت محلی تخمین زده می‌شود. برای مثال، اگر اشیاء سفیدی روی پس زمینه سیاه از یک تصویر به تصویر بعدی ثابت باقی بمانند، تغییری در روشنایی اتفاق نیافتاده و در نتیجه جریانی به وجود نخواهد آمد. اما اگر برخی از اشیاء سفید بین تصاویر حرکت کنند، بعضی از مناطق سفید عکس تبدیل به سیاه خواهند شد و این به عنوان یک مجموعه جریان ثبت می‌شود. به منظور تعیین جریان نوری به منظور تسریع در فرآیند پردازش از بلوک‌های پیکسلی ۸ در ۸ استفاده گردید. بعد از تعیین جریان نوری میانگین، واریانس، کشیدگی^۳ و چولگی^۴ به ترتیب با استفاده از روابط ۱-۴ محاسبه شدند

پردازش تصاویر دیجیتال

در این مطالعه به منظور یکنواخت نمودن تصاویر، از بین بردن اثر نوسانات منبع نور و کاهش نویز، ابتدا هیستوگرام آنها گسترش و فیلتر میانه بر روی آنها پیاده‌سازی شد (Gonzalez *et al.*, 2004). پس از این مرحله منظور کمی‌سازی حضور توده زنبورها در کندو تصاویر توسط ۳ فرد خبره به سه گروه کندو با تراکم توده زنبور زیاد، متوسط و کم تقسیم‌بندی شدند. سپس از دو روش جریان نوری^۱ و ماتریس تفاوت خاکستری-تن همسایگی (NGTDM)^۲ که شرح آن خواهد آمد به منظور بررسی کندو و تعیین فعالیت زنبورها استفاده شد. شایان ذکر است کلیه مراحل مربوط به پردازش تصاویر در نرم افزار Matlab 2013a (The Mathworks Inc, Version 8.0) پیاده‌سازی گردیدند.

3. Kurtosis
4. Skewness

1. Optical flow
2. Neighborhood Gray-Tone Difference Matrix

$$f_{\cos} = \left[\epsilon + \sum_{i=0}^{G_h} P_i s(i) \right]^{-1} \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$f_{\cos} = \left[\frac{1}{N_x(N_x-1)} \sum_{i=0}^{G_h} \sum_{j=0}^{G_h} p_i p_j (i-j)^2 \right] \left[\frac{1}{n^2} \sum_{i=0}^{G_h} s(i) \right] \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$f_{\text{bus}} = \frac{\left[\sum_{i=0}^{G_h} p_i s(i) \right]}{\left[\sum_{i=0}^{G_h} \sum_{j=0}^{G_h} p_i - j p_j \right]} \quad p_i \neq 0, p_j \neq 0 \quad (\text{رابطه ۹})$$

$$f_{\cos} = \sum_{i=0}^{G_h} \sum_{j=0}^{G_h} \left\{ \frac{(i-j)}{n^2(p_i + p_j)} \right\} \{ p_i s(i) + p_j s(j) \} \quad p_i \neq 0, p_j \neq 0 \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

$$f_{\text{sp}} = \frac{\left[\sum_{i=0}^{G_h} \sum_{j=0}^{G_h} (p_i + p_j)(i-j)^2 \right]}{\left[\epsilon + \sum_{i=0}^{G_h} s(i) \right]} \quad p_i \neq 0, p_j \neq 0 \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

در رابطه ۷، G_h بزرگترین مقدار تن خاکستری در تصویر است و ϵ مقدار کوچکی برای جلوگیری از تبدیل شدن به f_{\cos} بی‌نهایت است. برای تصویر $N \times N$ ، p_i احتمال وقوع مقدار تن خاکستری i است، که با توجه به رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود.

$$p_i = N_i / n^2, \quad n = N - 2d \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

در رابطه ۸، N_g تعداد کل درصد سطوح خاکستری در تصویر می‌باشد که از رابطه ۱۳ به دست می‌آید.

$$N_g = \sum_{i=0}^{G_h} Q_i, \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

$$Q_i = \begin{cases} 1 & \text{if } p_i \neq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

طبقه‌بندی تراکم توده دورن کندو

الگوریتم غیرخطی طبقه‌بندی براساس تئوری بیز در نرم افزار Matlab 2013a (The Mathworks Inc, Version 8.0) توسعه و اجرا گردید (Trees, 2001). بدین منظور، ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر به دو قسمت آموزش و آزمون تقسیم شدند. مجموعه آموزشی برای توسعه مدل طبقه‌بندی و از مجموعه آزمون جهت ارزیابی عملکرد آن استفاده گردید. از دو سوم مجموعه داده‌ها (۱۸۴ عدد) که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند به عنوان یک مجموعه آموزشی و از یک سوم باقی‌مانده (۶۹ عدد) به عنوان مجموعه آزمون استفاده شد. به منظور تعیین عملکرد طبقه‌بند ماتریس درهم‌ریختگی^۷ محاسبه و دقت کلی آن به دست آمد.

نتایج و بحث

دنباله‌ای از تصاویر اخذ شده توسط دوربین و ارسال شده به صورت بی‌سیم به رایانه در شکل ۳ آورده شده است. همان طور

(Dawkins et al., 2012; Lee et al., 2011). به منظور تعیین هر یک از ویژگی‌های یاد شده تصاویر هر ۷ دقیقه یک بار به مدت ۳ ساعت مورد بررسی قرار گرفتند.

$$m = \sum_{i=0}^{l-1} z_i p(z_i) \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$\text{var} = \sum_{i=0}^{l-1} (z_i - m)^2 p(z_i) \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$k = \frac{\sum_{i=0}^{l-1} (z_i - m)^4}{\sigma^4} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$s = \frac{\sum_{i=0}^{l-1} (z_i - m)^3}{\sigma^3} \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در این روابط z_i شدت پیکسل i ام، $p(z_i)$ احتمال وقوع شدت z_i ، m میانگین، var واریانس، σ انحراف معیار، k کشیدگی و s چولگی می‌باشند.

ماتریس تفاوت خاکستری-تن همسایگی^۱

در این روش تصاویر به صورت ماتریس فرض می‌شود که $f(k,l)$ شدت خاکستری هر پیکسل در مختصات (k,l) می‌باشد. مقدار متوسط خاکستری-تن در مرکز همسایگی به صورت رابطه (۵) قابل محاسبه می‌باشد (Christodoulou et al., 2003)

$$A_i = \bar{A}(k,l) = \frac{1}{W-1} \left[\sum_{m=-d}^d \sum_{n=-d}^d f(k+m, l+n) \right] \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$(m,n) \neq (0,0)$$

که در این رابطه d اندازه همسایگی و $W = (2d+1)^2$ می‌باشد. سپس i امین مقدار NGTDM از رابطه ۶ محاسبه - گردید (Amadasun & King, 1989).

$$\left\{ \begin{array}{l} s(i) = \sum |i - \bar{A}| \quad \text{for } i \in N_i \quad \text{if } N_i \neq 0 \\ = 0 \quad \text{Otherwise} \end{array} \right\} \quad (\text{رابطه ۶})$$

که $\{N_i\}$ مجموعی از همه پیکسل‌ها می‌باشد، که i تن خاکستری آنها یکسان هستند.

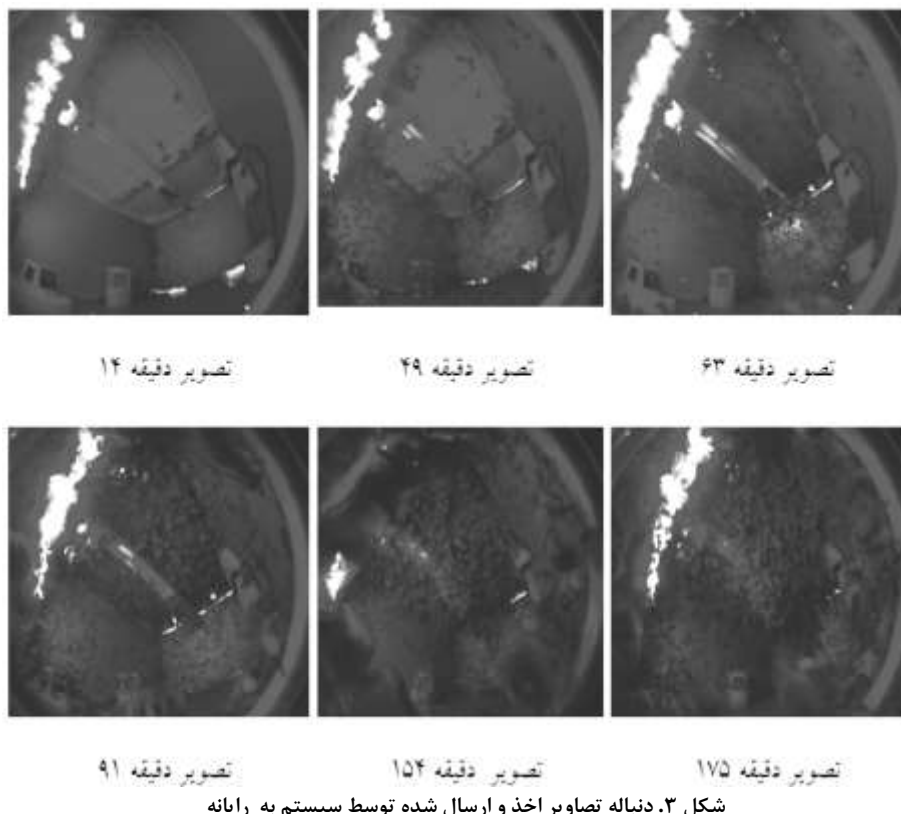
بعد از بدست آوردن NGTDM ویژگی‌های زیری^۲، تباین^۳، شلوغی^۴، پیچیدگی^۵ و قوت بافت^۶ به ترتیب با استفاده از روابط ۷-۱۱ استخراج شدند (Amadasun & King, 1989).

1. Neighborhood Gray-Tone Difference Matrix
2. Coarseness
3. Contrast
4. Busyness
5. Complexity
6. Texture Strength

7. Confusion Matrix

استفاده از فرستنده و بدون حضور فرد با توجه به فعال کردن فن کوچکی زنبورها روی لنز پراکنده می‌شدند. شایان ذکر است که هدف از طراحی مدار این مساله نبود ولی حین انجام کار و مواجه شدن با این مساله یکی از خروجی‌های مدار یک فن کوچک قرار داده شد.

که در تصاویر مشخص است تصاویر دوربین به وضوح حضور زنبور عسل در سطوح داخلی جعبه را نشان می‌دهد. ابتدا کندو خالی می‌باشد و با گذر زمان توسط توده زنبورها اشغال می‌گردد. در برخی موارد زنبورها روی لنز دوربین قرار می‌گرفتند که این مساله تحلیل تصاویر را با مشکل مواجه می‌کرد. اما با



شکل ۳. دنباله تصاویر اخذ و ارسال شده توسط سیستم به رایانه

این ویژگی در توسعه طبقه‌بند استفاده گردید. مطابق تحلیل جریان نوری اعمال شده بر سه گروه از میان چهار ویژگی، میانگین با توجه به اختلاف موجود میان این سه گروه (شکل a- ۴ b) به خوبی توانایی تمییز تراکم توده (زیاد، متوسط و کم) را نسبت به سه ویژگی دیگر (واریانس، کشیدگی و چولگی) دارد (شکل c-d ۴). در پژوهشی که *Neves et al.* (2015) به منظور بررسی حرکات و رفتار مرغ گوشتی که با ظروف تغذیه متفاوت با کمک پردازش تصویر انجام دادند مشخص گردید که از میان چهار متغیر جریان نوری (میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی) میانگین و واریانس تنها متغیرهای جریان نوری هستند که ارتباط معنی‌داری با رفتار حرکتی و تغذیه‌ای مرغ گوشتی دارند. این نتایج حاصل همراستا با مطالعه *et al.* (2015) *Neves* می‌باشد. در پژوهشی دیگر *Dawkins et al.* (2012) با کمک تحلیل جریان نوری به بررسی رفتار و رفاه گله مرغ پرداختند. مطابق نتایج ارائه شده چولگی و کشیدگی ارتباط

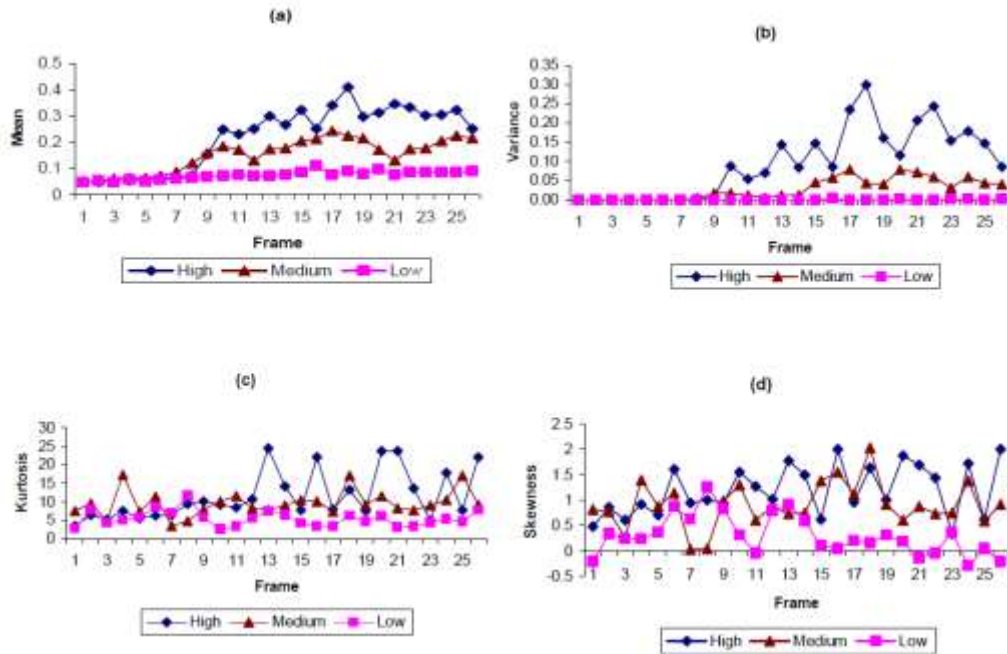
جدول ۱. مقایسه میانگین ویژگی‌های استخراج شده از روش جریان نوری به روش آزمون دانکن بر تراکم توده زنبور

تراکم توده زنبور	میانگین	واریانس	چولگی	کشیدگی
کم	۰/۰۷۳۸ ^c	۰/۰۲۶۵ ^b	۰/۹۰۲۴ ^a	۹/۵۵۸۱ ^a
متوسط	۰/۱۷۷۸ ^b	۰/۰۲۸۳ ^b	۰/۲۹۷۲ ^b	۵/۳۸۰۹ ^b
زیاد	۰/۲۸۶۵ ^a	۰/۰۹۶۵ ^a	۱/۱۹۴۸ ^a	۱۱/۵۲۳۶ ^a

میانگن‌هایی که حروف مشترک دارند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

بر اساس آنالیز آماری صورت گرفته بر روی داده‌های استخراج شده از روش جریان نوری، میانگین در سطح احتمال ۵٪ توانایی تمییز میان سه تراکم توده زنبور را دارد (جدول ۱). به طوری که اختلاف آماری این ویژگی بر خلاف ویژگی‌های دیگر در هر سه گروه به صورت معنی‌داری ($p < 0/05$) متفاوت می‌باشد که نشان از توانایی این ویژگی در طبقه‌بندی داده‌ها است. شکل ۴ نیز این مساله را به خوبی نشان می‌دهد. لذا از

معنی‌داری با مهمترین ویژگی‌های رفاهی مانند درصد مرگ و میر، تعداد پرندگان با استخوان پای آسیب دیده و اشکال در حرکت داشتند.



شکل ۴. تحلیل جریان نوری، میانگین (a)، واریانس (b)، کشیدگی (c)، چولگی (d)

با توجه به ماهیت این دو ویژگی و روابط ۵ و ۶ قابل توجیه می‌باشد. در یک بافت شلوغ تغییرات در شدت از یک پیکسل به پیکسل همسایه‌اش به سرعت اتفاق می‌افتد. این بدین معنی است که تغییرات فرکانس در شدت زیاد می‌باشد. این مساله‌ای است که در تصاویر اخذ شده در کندو با تراکم توده بالای زنبور مشاهده می‌گردد. دلیل فرکانس بالا در تصاویر هم وجود لبه‌های متعدد در تصاویر می‌باشد. حال اگر این تغییرات دارای بزرگی بسیار کوچک باشند، یکنواختی به صورت بصری نیز قابل درک می‌باشد که در این مورد کندوی خالی از زنبور است. در مورد پیچیدگی نیز اگر تصویری دارای تعداد زیادی لبه‌های تیز و یا خطوط باشد به عنوان بافت پیچیده در نظر گرفته می‌شود. البته در این مورد به تکرار الگوی درون کندو و محدوده دینامیکی مقیاس خاکستری بستگی دارد. در نتیجه پیچیدگی تا حدی به شلوغی و تباین ارتباط دارد که این مساله دلیل موثرتر بودن این ویژگی نسبت به شلوغی در تمییز سه گروه از یکدیگر است. لذا از تحلیل بافت دو ویژگی شلوغی و پیچیدگی انتخاب در توسعه طبقه‌بند استفاده گردیدند.

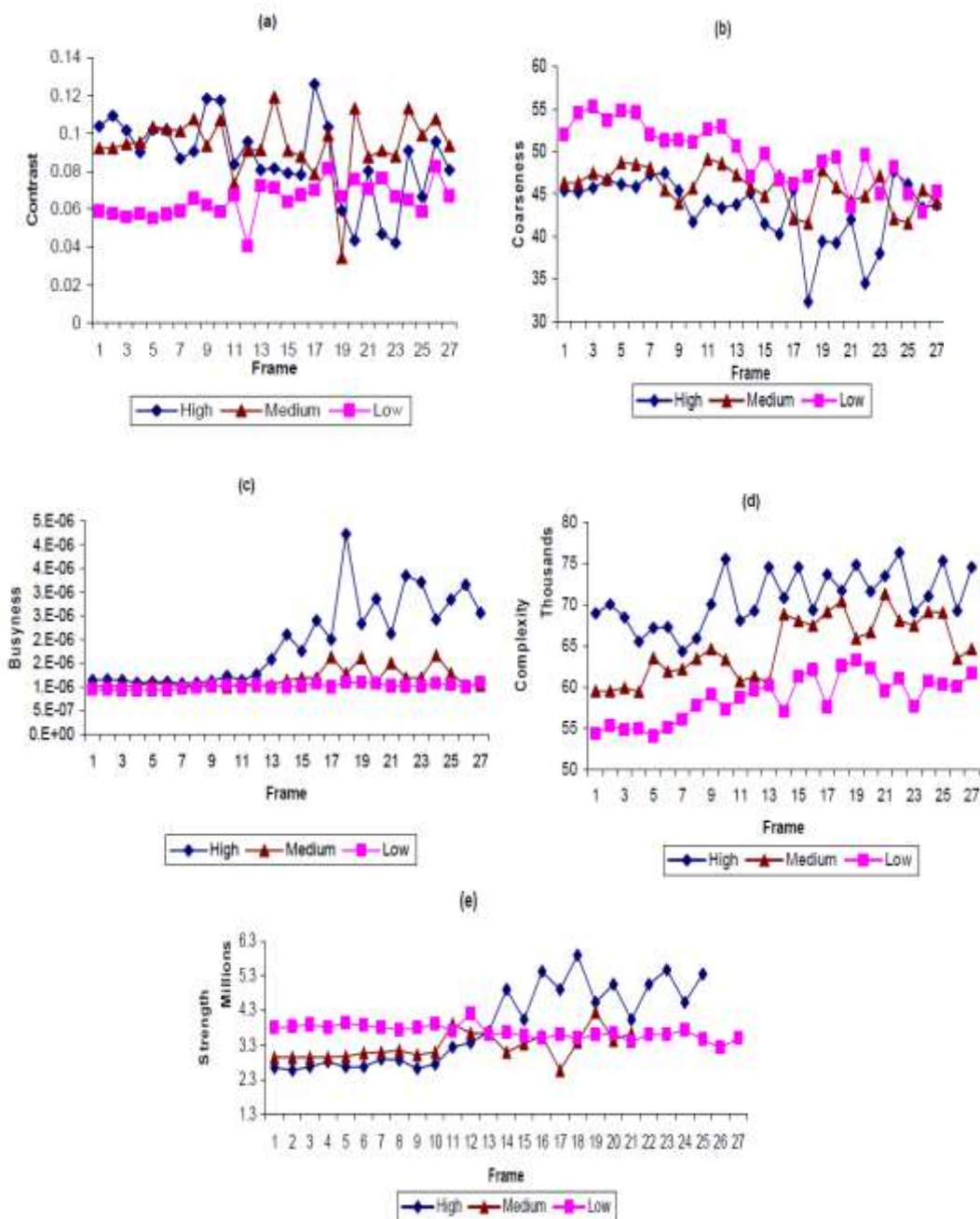
با توجه به ماهیت توده زنبورها، زمانی که کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، تحلیل بافت یک روش سودمند به منظور بررسی میزان و یکنواختی توده می‌باشد. بدین منظور ویژگی‌های زبری، تباین، شلوغی، پیچیدگی و قوت بافت از NGTDM دنباله تصاویر استخراج گردیدند. جدول ۲ آنالیز آماری ویژگی‌های استخراج شده در این روش را نشان می‌دهد.

جدول ۲: مقایسه میانگین ویژگی‌های استخراج شده از NGTDM به روش آزمون دانکن بر تراکم توده زنبور

تراکم توده زنبور	زبری	تباین	شلوغی ($\times 10^{-5}$)	پیچیدگی ($\times 10^{-6}$)	قوت ($\times 10^{-4}$)
کم	۴۵/۸۸۹۷ ^b	۰/۰۹۴۴ ^a	۰/۱۰۰۶ ^c	۵/۵۵۴۳ ^c	۳/۲۵۵۲ ^b
متوسط	۴۹/۸۱۷۰ ^a	۰/۰۶۴۷ ^b	۰/۱۴۷۲ ^b	۶/۴۲۵۲ ^b	۳/۶۸۸۵ ^{ab}
زیاد	۴۴/۲۸۶۵ ^b	۰/۰۸۷۵ ^a	۰/۱۸۹۳ ^a	۷/۰۵۹۲ ^a	۳/۸۴۸۸ ^a

میانگن‌هایی که حروف مشترک دارند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند

مطابق آنالیز آماری صورت گرفته بر روی ویژگی‌های استخراج شده از روش NGTDM مشخص گردید که شلوغی و پیچیدگی نسبت به زبری، تباین و قوت بافت در سطح احتمال ۵٪ توانایی تشخیص حجم توده زنبور را دارند. دلیل این مساله



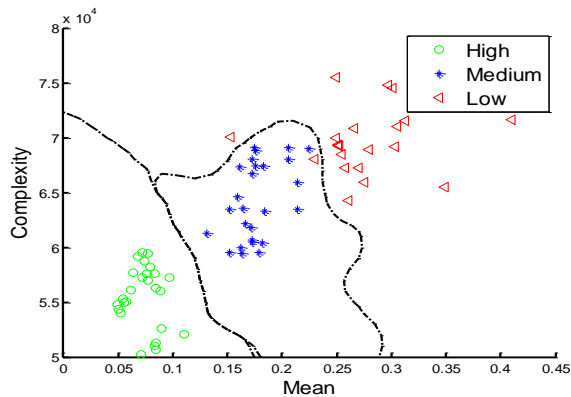
شکل ۵. تحلیل بافت، تباین (a)، زبری (b)، شلوغی (c)، پیچیدگی (d) و قوت بافت (e)

ویژگی‌های میانگین و شلوغی را در گروه‌بندی کندوها نشان می‌دهد. همان‌طور که در ماتریس درهم‌ریختگی (جدول ۳) آمده است طبقه‌بند به ترتیب دارای یک و چهار اشتباه در تشخیص کندو با تراکم‌های کم و متوسط زیاد می‌باشد؛ در نتیجه دقت کلی طبقه‌بندی ۹۲/۹۵ درصد محاسبه گردید.

همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است مرزبندی میان گروه‌ها توسط دو ویژگی میانگین و شلوغی به خوبی صورت گرفته است (خطوط منقطع سیاه) و تنها دو اشتباه آشکار در گروه با تراکم کم و متوسط و سه اشتباه مرزی در

از میان ۹ ویژگی استخراج شده به منظور تشخیص فعالیت زنبورها میانگین از تحلیل جریان نوری و شلوغی و پیچیدگی از تحلیل بافت نسبت به دیگر ویژگی با توجه به تحلیل آماری صورت گرفته عملکرد موفق‌تری داشت. حال با استفاده از این ۳ ویژگی و آموزش طبقه‌بند بیز به گروه‌بندی کندوها بر اساس تراکم توده پرداخته می‌شود. بدین منظور ۲ گروه طبقه‌بند مورد آموزش قرار گرفتند (یکی با استفاده از میانگین و شلوغی و دیگر با استفاده از میانگین و پیچیدگی). شکل ۶ و جدول ۳ نحوه عملکرد طبقه‌بند آموزش‌دیده با

یک اشتباه آشکار در گروه با تراکم کم در شکل دیده می‌شود. در ضمن هیچگونه اشتباه مرزی نیز صورت نپذیرفته است که این مساله نشان از تمییز حداکثری میان ۳ گروه است.



شکل ۸. عملکرد طبقه‌بند آموزش‌دیده با دو ویژگی‌های میانگین و پیچیدگی

نتیجه‌گیری

در این پژوهش از یک دوربین به منظور اخذ فیلم استفاده گردید. دوربین درون قسمت تحتانی یک کندو قرار داده شد. تصاویر بعد از اخذ به صورت بی‌درنگ و بی‌سیم به رایانه برای بررسی و تحلیل فرستاده می‌شدند. همچنین تحلیل بافت و جریان نوری روی تصاویر اخذ شده اعمال گردید. مطابق تحلیل جریان نوری، میانگین در سطح احتمال ۵ درصد توانایی تشخیص تراکم توده زنبور درون کندو (زیاد، متوسط و کم) را دارد. با توجه به ماهیت توده زنبورها، زمانی که کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، تحلیل بافت یک روش مفید به منظور بررسی میزان و یکنواختی توده می‌باشد، که مطابق با این آنالیز، پارامترهای شلوغی و پیچیدگی با وضعیت تراکم توده زنبورها درون کندو ارتباط معنی‌داری ($p < 0.05$) داشتند. همچنین به منظور تشخیص فعالیت زنبورها، از طبقه‌بندکننده غیرخطی بیز استفاده گردید که ترکیب میانگین و پیچیدگی و میانگین و شلوغی به ترتیب با دقت کلی ۹۸/۶۷ و ۹۲/۹۵ درصد داده‌ها را دسته‌بندی نمودند. البته شایان ذکر است که در صورت استفاده از ترکیب سنسورهای مختلف (دما، رطوبت و وزن) عملکرد سیستم به مراتب افزایش خواهد یافت.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان از حمایت مالی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان قدردانی می‌نمایند.

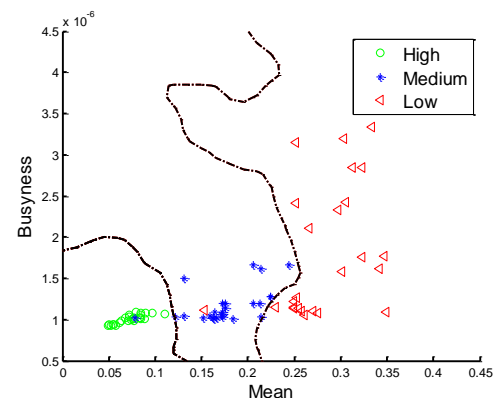
REFERENCES

Ahmadi, A. A. (1984). Diseases and parasites in southern Iran. Incidence of honey bee (A.

گروه متوسط صورت گرفته است که نشان از دقت بالا در طبقه‌بندی داده‌ها دارد.

جدول ۳: ماتریس درهم‌ریختگی با دو ویژگی‌های میانگین و شلوغی

گروه	تراکم توده			دقت طبقه‌بندی (%)
	کم	متوسط	زیاد	
تراکم توده کم	۲۶	۱	۰	۹۶/۳
تراکم توده متوسط	۲	۲۰	۲	۸۳/۳
تراکم توده زیاد	۰	۰	۱۸	۱۰۰
دقت طبقه‌بندی (%)	۹۲/۹	۹۵/۲	۹۰	۹۲/۹۵



شکل ۷. عملکرد طبقه‌بند آموزش‌دیده با دو ویژگی‌های میانگین و شلوغی

شکل ۷ و جدول ۴ عملکرد طبقه‌بند آموزش‌دیده با ویژگی‌های میانگین و پیچیدگی را در گروه‌بندی تراکم زنبور درون کندوها را نمایش می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۴ آمده است طبقه‌بند در این حالت فقط یک اشتباه در تشخیص کندو با تراکم توده کم داشت؛ در نتیجه دقت کلی به دست آمده در طبقه‌بندی ۹۸/۶۷ درصد گردید که از حالت قبل حدود ۶ درصد بالاتر بود.

جدول ۴: ماتریس درهم‌ریختگی با دو ویژگی‌های میانگین و پیچیدگی

گروه	تراکم توده			دقت طبقه‌بندی (%)
	کم	متوسط	زیاد	
تراکم توده کم	۲۵	۱	۰	۹۶/۲
تراکم توده متوسط	۰	۲۳	۰	۱۰۰
تراکم توده زیاد	۰	۰	۲۰	۱۰۰
دقت طبقه‌بندی (%)	۱۰۰	۹۵/۸	۱۰۰	۹۸/۶۷

همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است طبقه‌بند در مرزبندی میان گروه‌ها توسط دو ویژگی میانگین و پیچیدگی نسبت به حالت میانگین و شلوغی عملکرد موفق‌تری دارد و تنها

millifera). Bee world, 65, 134-136.

Amadasun, M., & King, R. (1989). Textural features

- corresponding to textural properties. *Systems, Man and Cybernetics*, IEEE Transactions on, 19(5), 1264-1274.
- Bellomo, N., Bianca, C. & Delitala, M. (2009). Complexity analysis and mathematical tools towards modelling of living systems. *Physics of Life Reviews*, 6, 144-175.
- Bencsik, M., Bencsik, J., Baxter, M., Lucian, A., Romiue, J., & Millet, M. (2011). Identification of the honey bee swarming process by analysing the time course of hive vibrations. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(1), 44-50.
- Bradbear, N. (1987). World distribution of major honey bee disease and pests. *Bee world*, 68: 15-35.
- Bremond, F., Thonnat, M. & Zuniga, M. (2006). Video-understanding framework for automatic behavior recognition. *Behavior Research Methods*, 38, 416-426.
- Buryett, M., Akratankul, P. & R.A., Morse. (1983). *Tropilaelaps clareae* a parasite of honey bees in south-east Asia. *Bee world*, 64, 25-28.
- Cheng, J. R., Koh, E. G. I., Ahmed, S. & Rajapakse, J. C. (2009). Tracking of cell morphology and motion. Joint tracking of cell morphology and motion. *Pattern Recognition in Bioinformatics Proceedings*, 5780, 36e45.
- Christodoulou, C. I., Pattichis, C. S., Pantziaris, M. & Nicolaides, A. (2003). Texture-based classification of atherosclerotic carotid plaques. *Medical Imaging*, IEEE Transactions on, 22(7), 902-912.
- Courty, N. & Corpetti, T. (2007). Crowd motion capture. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 18, 361-370.
- Dawkins, M. S., Cain, R., & Roberts, S. J. (2012). Optical flow, flock behaviour and chicken welfare. *Animal Behaviour*, 84(1), 219-223.
- Ferrari, S., Silva, M., Guarino, M. & Berckmans, D. (2008). Monitoring of swarming sounds in bee hives for early detection of the swarming period. *Computers and electronics in agriculture*, 64 (1), 72-77.
- Giles, A. B., Massom, R. A. & Warner, R. C. (2009). A method for sub-pixel scale feature-tracking using Radarset images applied to the Mertz Glacier, East Antarctica. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1691-1699.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2004). *Digital image processing using MATLAB*. Pearson Education India.
- Krell, R. (1996). Value-added products from beekeeping. F.A.O Bulletin No 124, Rome, Italy.
- Lee, H.-J., Roberts, S. J., Drake, K. A. & Dawkins, M. S. (2011). Prediction of feather damage in laying hens using optical flow and Markov models. *Journal of the Royal Society Journal Interface*, 8, 489-499.
- Ma, Y. Q. & Cisar, P. (2008). Activity representation in crowds. *Structural, Syntactic, and Statistical Pattern Recognition*, 5342, 107-116.
- Mossadegh. M.S. & R. Bahreini. (1994). Acarapis mites of honey bee , *Apis mellifera*, in Iran . *Exp. Appl. Acarolo.* , 18 (8): 503 – 506.
- Neves, D. P., Abdanan Mehdizadeh, S., Tscharke, M., Nääs, I. A. & Banhazi, T. M. (2015). Detection of flock movement and behaviour of broiler chickens at different feeders using image analysis. *Information Processing in Agriculture*, (accepted for publication).
- Shi, L. Z., Nascimento, J. M., Chandsawangbhuwana, C., Botvinick, E. L. & Berns, M. W. 2008. An automatic system to study sperm motility and energetics. *Biomedical Microdevices*, 10, 573-583.
- Sonka, M., Hlavac, V. & Boyle, R. (1999). *Image Processing Analysis and Machine Vision*. 2nd edn. London: PWS Publishing.
- Trees, H. L. V. (2001). *Detection, Estimation, and Modulation Theory*, New York: Wiley.
- Von Frisch, K. (1967). *The Dance Language and Orientation of Bees*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Weissleder, R. & Pitter, M. J. (2008). Imaging in the era of molecular oncology. *Nature*, 452, 580- 589