

## کنترل کیفیت ابعادی ویال‌های شیشه‌ای پزشکی با استفاده پردازش تصویر

میلاد اشکوری<sup>۱</sup>، مصطفی جهانگشای رضایی<sup>۲</sup>، مرضیه زرین‌بال ماسوله<sup>۳</sup>، حمیدرضا ایزدبخش<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی ارومیه؛ (m.eshkevari@ine.uut.ac.ir)

<sup>۲</sup>دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه؛ (m.jahangoshai@uut.ac.ir)

<sup>۳</sup>استادیار گروه پژوهشی فناوری اطلاعات، پژوهشگاه علوم و فناوری ایران؛ (zarinbal@irandoc.ac.ir)

<sup>۴</sup>استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه خوارزمی؛ (hizadbakhsh@inst.ac.ir)

### چکیده

امروزه، توسعه دانش و فن‌آوری و پیدایش مفهوم جهانی شدن به ایجاد فضای رقابتی بین‌المللی منجر شده است. به‌عنوان یک نتیجه، توجه مشتریان نسبت به کیفیت محصولات افزایش یافته است. بنابراین، اهمیت کنترل کیفیت بیشتر شده است. ویال، به‌عنوان یک بطری شناخته‌شده برای ذخیره‌سازی دارو بایستی به‌منظور رعایت ملزومات ابعادی کنترل شود. با این‌حال، کنترل کیفیت ویال به‌صورت فردی انجام می‌شود و به دلیل مشکلات ناشی از بازرسی چشمی، نیاز توسعه یک سیستم خودکار بازرسی وجود دارد. این مقاله، به‌منظور توسعه یک سیستم کنترل کیفیت خودکار تلاش کرده است تا یک روش مبتنی بر پردازش تصویر ارائه کند. در این‌راستا، فیلتر انحراف معیار و روش c-means فازی برای بخش‌بندی تصاویر ترکیب شده‌اند. به‌منظور اعتبارسنجی، روش بخش‌بندی ارائه‌شده با دو روش بخش‌بندی شناخته‌شده مقایسه شده است. هیستوگرام پیش‌افکنی برای تعیین مکان ویال و همچنین تشخیص ابعاد مهم استفاده شده است. سرانجام، نتایج دسته‌بندی ابعادی برای یک نمونه از ۳۶۰ تصویر ارائه شده‌اند.

### کلمات کلیدی

کنترل کیفیت ابعادی، پردازش تصویر، c-means فازی، فیلتر انحراف معیار محلی، هیستوگرام پیش‌افکنی

## Dimensional quality control of the medicine vials using image processing

Milad Eshkevari<sup>1</sup>, Mustafa Jahangoshai Rezaee<sup>2</sup>, Marzieh Zarinbal Masouleh<sup>3</sup>, Hamidreza Izadbakhsh

<sup>1</sup>Master of Science Student; Industrial Engineering Department; Urmia University of Technology

<sup>2</sup>Associate Professor; Industrial Engineering Department; Urmia University of Technology

<sup>3</sup>Assistant Professor; Information Technology Research Department; Irandoc

<sup>4</sup>Assistant Professor; Industrial engineering Department; Hamidreza Izadbakhsh

### ABSTRACT

Today, development of the knowledge and technology and evidence of concept of the globalization has been resulted to international competition. As a result, customer's attention regard to quality of the products has been grew. Therefore, importance of the quality control is increased. Vial, as a well-known bottle to store medication must be control to satisfy dimensional requirements. Whereas, quality control of the vial performed as manually, and with regard to problems of the manual visual inspection, development of an automatic inspection system needed. This paper, in order to development an automatic quality control system, tried to propose a method based on image processing. In this regard, in order to segment images local standard deviation filter and fuzzy c-means method combined. In order to validate, proposed segmentation method compared with two well-known segmentation method. Histogram projection used to determine place of vial and to detect size of important dimensions. Finally, result of dimensional classification for a sample of 360 image are proposed.

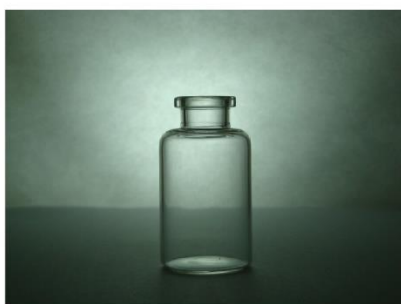
### KEYWORDS

Dimensional quality control, Image processing, fuzzy c-means, Local standard deviation filter, Projection histogram.

## ۱- مقدمه

می‌گیرد. در این راستا، با توجه ماهیت تکراری و خسته‌کننده بازرسی بصری فردی و احتمال بالای رخ دادن خطاهای انسانی، استفاده از روش‌های خودکار توجه زیادی را به خود جلب کرده است. همچنین، با توجه به افزایش نرخ تولید و توسعه تجهیزات تولیدی عملیات بازرسی بصری فردی سرعت مورد نیاز برای بازرسی برخط را تامین نمی‌کند [۵].

بینایی ماشین به عنوان یک پاسخ به نیاز خودکارسازی صنعتی تاکنون در کاربردهای مختلفی از بازرسی و بازرسی مورد استفاده قرار گرفته است. تولید اجزای الکترونیک حساس، تولید پارچه، نازک‌کاری محصولات فلزی، تولید شیشه، تولید اجزای ماشین، محصولات چاپی، تولید گرانتیت و تولید مدارهای مجتمع برخی از فعالیت‌هایی هستند که از مزیت‌های بینایی ماشین بهره گرفته‌اند [۶].



شکل ۱ تصویر از یک ویال شیشه‌ای

پردازش تصویر به عنوان هسته تحلیلی و بخش مرکزی یک سیستم بینایی ماشین، در توسعه سیستم‌های بینایی ماشین نقش اساسی ایفا می‌کند. پردازش تصویر، شامل مجموعه‌ای از عملیات‌های ریاضی می‌شود که به منظور دریافت اطلاعات مشخص و با اهدافی مانند بهبود تصویر، تجزیه تصویر و استخراج ویژگی از تصویر، درون تصویر تغییراتی اصولی ایجاد می‌کنند. این عملیات‌ها می‌توانند جهت افزایش تباین تصویر، کاهش حجم تصویر، برجسته کردن تغییرات، تشخیص اهداف و حذف اطلاعات غیر مفید انجام شوند. از عملیات‌های رایج پردازش تصویر می‌توان به پیش‌پردازش، لبه‌یابی و بخش‌بندی<sup>۲</sup> اشاره کرد [۷]. از روش‌ها و الگوریتم‌های پردازش تصویر برای تحلیل تصاویر اکتسابی از فعالیت‌ها و اقدامات مختلفی بهره گرفته شده است. از این موارد می‌توان به شناسایی چهره، شناسایی حرکت، رباتیک، طراحی وسایل نقلیه خودکار و سیستم‌های پایشی و بازرسی مختلف اشاره کرد [۶]. یکی از زمینه‌های فعال کاربرد پردازش تصویر انجام بازرسی خودکار است. در این راستا، الگوریتم‌های پردازش تصاویر دیجیتال برای کاربردهای بازرسی مختلفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از این موارد می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد:

هان و همکاران<sup>۳</sup> در پروژه‌ای به تشخیص عیب در تضمین کیفیت

با توجه به گسترش دانش و فن‌آوری و افزایش رقابت میان تولیدکنندگان مختلف، به کارگیری روش‌ها و فرایندهای به‌روز و کارآمد به یکی از ملزومات اساسی تولید بدل شده است. در این راستا، فن‌آوری‌های به‌روز در مراحل مختلف فرایند تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند تا منجر به کسب مزیت رقابتی شوند. از سویی دیگر، یکی از جنبه‌های اساسی محصول که همواره برای مشتریان دارای اهمیت زیادی بوده است، کیفیت است. در نتیجه، استفاده از فن‌آوری و دانش‌های به‌روز در انجام بهتر عملیات کنترل کیفیت اهمیت زیادی پیدا کرده است [۱].

کنترل کیفیت، عبارت است از بازرسی محصول به منظور اطمینان از این که محصول خصوصیات و مشخصه‌های لازم را برای تحویل به مشتری دارا است. در حین عملیات کنترل کیفیت، محصول می‌تواند از جنبه‌های مختلف مورد ارزیابی و بازرسی قرار گیرد و یکی از روش‌هایی که به صورت وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد بازرسی بصری است. بازرسی بصری در بسیاری از صنایع به صورت فردی و توسط نیروی انسانی صورت می‌گیرد که این امر، مستلزم وجود نیروی انسانی باتجربه، دارای دانش فنی و دقت بصری بالا است. با این حال، حتی در صورت موجود بودن این نیروی انسانی نیز با توجه به نرخ تولید بالا و خستگی فیزیکی و ذهنی ناشی از انجام فرایند تکراری بازرسی، وقوع خطا در فرایند بازرسی انکارناپذیر خواهد بود. در نتیجه، نیاز به یک فرایند بازرسی خودکار با دقت و سرعت بازرسی بالا انکارناپذیر است [۲].

در زمینه تولید محصولات دارویی، اطمینان از کیفیت بسته‌بندی محصولات از اهمیت بالایی برخوردار است. به همین دلیل، همواره بر تطبیق میان خصوصیات بسته‌بندی و الزامات و استانداردهای موجود تاکید شده است. همچنین، تطبیق کیفیت بسته‌بندی محصولات دارویی معمولاً در دو بخش مجزا مطرح می‌شود. بخش اول، کیفیت تولید محفظه‌های دارو بوده و بخش دوم کیفیت فرایند بسته‌بندی است [۳]. یکی از محفظه‌های رایج مورد استفاده در بسته‌بندی داروها، بطری‌هایی مخصوص با عنوان ویال<sup>۱</sup> است. ویال، نوعی بطری با شکل و مشخصات استاندارد است که معمولاً از جنس شیشه یا پلاستیک ساخته می‌شود. به دلایل بهداشتی، در بسته‌بندی داروها اغلب از ویال‌های شیشه‌ای استفاده می‌شود [۴]. شکل ۱ تصویر یک ویال شیشه‌ای را نشان می‌دهد.

عمدتاً، ویال‌ها از دو منظر مشخصات ابعادی و مشخصات ظاهری مورد بازرسی قرار می‌گیرند. همچنین در فرایند تولید ویال‌های خالی، عملیات بازرسی ویال‌ها توسط نیروهای انسانی و به صورت فردی انجام

آورده شده‌اند و در بخش چهارم نتیجه‌گیری و پیشنهادات آورده شده‌اند.

## ۲- طرح مسئله و رویکرد پیشنهادی

ویال‌های شیشه‌ای برای بسته‌بندی مواد دارویی در اشکال مایع و پودر مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر این اساس، رعایت پارامترهای ابعادی ویال‌ها از دو منظر حجم دارو و اجرای بسته‌بندی مناسب دارای اهمیت است. بنابراین، در خط تولید ویال‌های شیشه‌ای پارامترهای ابعادی دارای اهمیت مورد بازرسی قرار می‌گیرند. با این حال، بازرسی به صورت فردی و توسط کاربر صورت می‌گیرد و توسط نمونه‌برداری در بازه‌های زمانی کوتاه ابعاد ویال‌ها اندازه‌گیری می‌شود تا در صورت اشکال، پارامترهای دستگاه تغییر داده شوند. شکل ۲ پارامترهای ابعادی مهم ویال را نشان می‌دهد و حدود تغییرات قابل قبول برای پارامترهای مورد بررسی در این مقاله در جدول ۱ آورده شده است.

در این مقاله، برای تفکیک تصویر شیشه از پس‌زمینه و به دنبال آن اندازه‌گیری برخی پارامترهای ابعادی مهم، یک الگوریتم مبتنی بر پردازش تصویر ارائه شده است. در این الگوریتم، ابتدا و در مرحله پیش‌پردازش تصاویر اصلی اندکی تیز می‌شوند تا تغییرات روشنایی در لبه‌های ویال پررنگ‌تر شود. سپس، با توجه به تغییرات روشنایی تصویر در اطراف مکان حضور ویال، یک ناحیه مورد علاقه<sup>۹</sup> از تصویر جدا می‌شود تا حجم محاسبات اضافی کاسته شود. سپس، با استفاده روش پنجره لغزنده، انحراف معیار محلی تصویر در یک همسایگی معین از هریک از پیکل‌های آن محاسبه می‌شود. با این کار، تغییرات روشنایی تصویر در نواحی مرزهای ویال نمایان‌تر می‌شوند. رابطه (۱) نحوه محاسبه انحراف معیار تصویر در یک همسایگی مشخص از هر پیکسل را نشان می‌دهد [۷].

$$g(x,y) = \sqrt{\frac{1}{(a*b)^2} \left[ \sum_{s=-a/2}^{a/2} \sum_{t=-b/2}^{b/2} f(x+s,y+t)^2 \right] - \mu^2} \quad (1)$$

که در آن،  $a$  و  $b$  به ترتیب مشخص‌کننده همسایگی در جهت  $x$  و  $y$  هستند و  $g(x,y)$  تصویر حاصل از فیلترگذاری انحراف محلی است. همچنین  $\mu$  میانگین محلی تصویر در یک همسایگی معین از پیکسل‌های آن است و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu = \frac{1}{(a*b)} \sum_{s=-a/2}^{a/2} \sum_{t=-b/2}^{b/2} f(x+s,y+t) \quad (2)$$

درون خطوط تولید دکمه‌های پلاستیکی پرداختند. آنها، با استفاده از مدل حداقل مربعات وزن داده شده یک روش تشخیص عیب سطحی سریع ارائه دادند که در آن تصویر الگوی عاری از عیب توسط نمونه‌های آموزشی به صورت تطبیقی تولید شدند و تصاویر باقی مانده از تفاضل تصویر بازرسی و تصویر الگوی عاری از عیب متناظر حاصل شدند [۲]. سانور و همکاران<sup>۲</sup> با هدف تشخیص جای خالی بطری‌های آب‌معدنی در بسته‌های بیست عددی، از ترکیب فیلتر سابل و روش تشخیص خط مبتنی بر تبدیل هاف استفاده کردند. بر این اساس، پس از حذف خطوط دایره‌ای با اندازه‌های کوچک و شمارش تعداد دایره‌های موجود در بسته‌بندی، تعداد بطری‌های موجود در بسته تعیین شده است [۸]. سوزان و شارما<sup>۵</sup> از مدل انتروپی غیر وسیع با حصول گوسین برای بازرسی کیفیت پارچه استفاده کردند. در این راستا، با برازش یک مدل به تصاویر سالم، نقاط معیوب را به صورت نقاط خارج از حدود انحراف معیار شناسایی کردند [۹].

همچنین، از الگوریتم‌های پردازش تصویر برای انجام عملیات اندازه‌گیری خودکار نیز استفاده شده است. به عنوان نمونه، لی و همکاران<sup>۶</sup> از آستانه‌گذاری سراسری مبتنی بر هیستوگرام گوسین، برای تفکیک تصویر نخ از پس‌زمینه استفاده کردند و سپس با محاسبه مقیاس ضریب تغییر در قطر نخ به اندازه‌گیری همواری نخ پرداختند [۱۰]. الجبوری و همکاران<sup>۷</sup> در طراحی یک سیستم بینایی ماشین برای اندازه‌گیری خودکار نوعی از ماهی‌های کوچک از پردازش تصویر استفاده کردند. در این پژوهش، از بخش‌بندی تطبیقی برای تفکیک ماهی‌ها بهره گرفتند [۱۱]. لیو و همکاران<sup>۸</sup> از پردازش تصویر در طراحی یک سیستم بینایی ماشین برای اندازه‌گیری زبری سطوح ماشین‌کاری شده، استفاده کردند. در این راستا، با استفاده از ماتریس آماری توزیع رنگ مبتنی بر فضای رنگی سبز و قرمز و شاخص همپوشانی و با تکیه بر داده‌های واقعی، یک مدل ارتباطی میان شاخص همپوشانی و زبری سطح ساختند [۱۲].

به رغم اهمیت توسعه روش‌های خودکار بازرسی بصری، در زمینه توسعه یک سیستم خودکار برای کنترل کیفیت ابعادی ویال پژوهش دانشگاهی مشخصی انجام نشده است. تنها پژوهش‌های محدودی مانند [۱۳] به بررسی تشخیص عیب‌های ظاهری مانند خراش و ترک پرداخته‌اند. بر این اساس، با توجه به اهمیت توسعه یک سیستم بازرسی خودکار و جایگاه پردازش تصویر در طراحی سیستم بینایی هوشمند، این پژوهش یک الگوریتم پردازش تصویر برای اندازه‌گیری چند پارامتر مهم ابعادی ویال شیشه‌ای ارائه داده است. از چالش‌های پیش‌روی این پژوهش می‌توان به خاصیت انعکاس نور شیشه و عدم تفکیک مناسب آن با پس‌زمینه اشاره کرد. در این راستا، بخش دوم به طرح مسئله و ارائه رویکرد پیشنهادی پرداخته است. نتایج حاصله در بخش سوم

و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(u_{ij})^p = \frac{1}{\sum_{l=1}^c \left( \frac{\|x_i - c_l\|}{\|x_i - c_j\|} \right)^{\frac{1}{p-1}}}$$

در حالی که،  $p$  میزان فازی بودن الگوریتم را تعیین می‌کند و در صورتی که  $p = 1$  باشد، به حالت قطعی تبدیل می‌شود. بنابراین، پیکسل‌های تصویر به گونه‌ای به دو دسته سیاه و سفید تخصیص داده می‌شوند که پیکسل‌های با شباهت بیشتر در خوشه یکسان قرار بگیرند. مزیت استفاده از الگوریتم c-means فازی این است که عدم قطعیت را در تخصیص پیکسل‌ها در نظر می‌گیرد. در نتیجه، با ماهیت غیر قطعی پیکسل‌های موجود در لبه‌های ویال سازگارتر است.

در ادامه و پس از ایجاد تصویر سیاه و سفید، به منظور حذف نویزهای ریز موجود در تصویر که ناشی از وجود تغییرات در شرایط روشنایی و وضعیت پس‌زمینه هستند، از عملگر ریخت‌شناسانه باز کردن<sup>۱۰</sup> استفاده می‌شود تا نقاط روشن کوچک حذف شوند. رابطه ددد عملگر باز کردن را نشان می‌دهد [۷].

$$A \circ B = (A \odot B) \oplus B \quad (4)$$

که در آن،  $\odot$  و  $\oplus$  به ترتیب عملگرهای فرسایش و اتساع بوده و به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$A \odot B = \{z \mid (B)_z \subseteq A\} \quad (5)$$

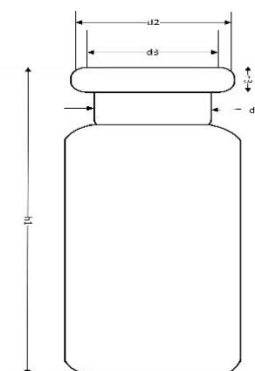
$$A \oplus B = \{z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (6)$$

در حالی که  $\hat{B}$ ، انعکاس  $B$  نسبت به مبدأ بوده و  $z$  بیانگر انتقال نسبت به مبدأ است.

پس از تفکیک کامل ویال نسبت به پس‌زمینه، نوبت به اندازه‌گیری پارامترهای مهم آن می‌رسد. به این منظور، ابتدا نقاط شروع و پایان ویال در هر دو جهت افقی و عمودی شناسایی می‌شوند. این کار توسط هیستوگرام پیش‌افکنی<sup>۱۱</sup> تصویر در دو جهت عمودی و افق صورت می‌گیرد و نقاط ابتدایی و انتهایی تصویر ویال در هر جهت افقی و عمودی شناسایی می‌شوند. رابطه (۷) محاسبه هیستوگرام پیش‌افکنی تصویر را در جهت افقی نشان می‌دهد.

$$P_h(I_i) = \sum_{j=1}^m I_{i,j} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

که در آن،  $P_h$  پیش‌افکنی تصویر  $I$  در جهت افقی را نشان می‌دهد. توسط این اقدام، اولاً، کادر ویال به صورت کامل از پس‌زمینه برش داده می‌شود و از سویی دیگر، مقدار پارامتر مهم ارتفاع ویال به صورت تعداد پیکسل‌ها محاسبه می‌شود. در ادامه، با اجرای برش‌های تقریبی



شکل ۲ نمایش مشخصات ابعادی مهم ویال

بر این اساس، یک تصویر با اندازه‌ای مشابه تصویر اولیه حاصل می‌شود که در ناحیه لبه‌های ویال دارای مقادیر روشنایی متمایزتری است. در این مقاله، به دلیل نتیجه نامناسب روش‌های لبه‌یابی در تشخیص مرز ویال که از ماهیت شفاف ناشی می‌شود، از روش بخش‌بندی برای تفکیک ویال از پس‌زمینه استفاده شده است. در این راستا، از الگوریتم خوشه‌بندی c-means فازی برای انجام عملیات بخش‌بندی استفاده شده است. بر اساس این الگوریتم، پیکسل‌های تصویر حاصل از فیلترگذاری انحراف معیار محلی با توجه به میزان روشنایی خود به دو دسته سیاه و سفید تقسیم می‌شوند. از آنجایی که میزان روشنایی تصویر فیلترگذاری شده در نواحی مرزی ویال‌ها مقادیر متفاوتی دارد، پیکسل‌های نشان‌دهنده مرزهای ویال و پس‌زمینه در خوشه‌های جداگانه قرار می‌گیرند. رابطه (۳) تابع هدف الگوریتم c-means فازی را نشان می‌دهد [۱۴].

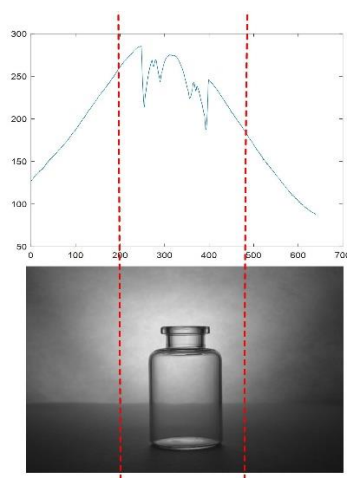
جدول ۱ مقادیر پارامترهای ابعادی مهم (میلی‌متر)

| پارامتر ابعادی  | نماد  | حد پایین | حد بالا |
|-----------------|-------|----------|---------|
| ارتفاع ویال     | $h_1$ | ۵۴.۳۰    | ۵۵.۷۰   |
| ارتفاع رینگ     | $h_3$ | ۳.۵۵     | ۳.۹۵    |
| قطر بیرونی رینگ | $d_2$ | ۱۹.۷۰    | ۲۰.۲۰   |
| قطر گردن        | $d_4$ | ۱۶.۵۰    | ۱۷.۵۰   |

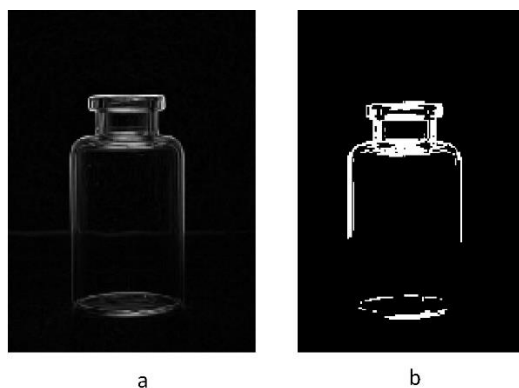
$$\argmin_c \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c (u_{ij})^p \|x_i - c_j\|^2 \quad (3)$$

که در آن، مجموع فاصله پیکسل‌های تخصیص داده شده به خوشه‌ها حداقل می‌شود به صورتی که درجات عضویت پیکسل‌ها در هر خوشه در مقدار فاصله ضرب می‌شود. در حالی که،  $\| \cdot \|^2$  فاصله اقلیدسی را نشان می‌دهد،  $c$  تعداد خوشه‌ها را معین می‌کند (در اینجا  $c = 2$ ) و  $(u_{ij})^p$  درجه عضویت پیکسل  $i$  به خوشه  $j$  را نشان داده





شکل ۴ برش تصویر برای کاهش محاسبات



شکل ۵ (a) نتیجه فیلتر انحراف معیار محلی؛ (b) نتیجه بخش‌بندی

به‌منظور اعتبارسنجی بخش‌بندی انجام‌شده، ده تصویر نمونه برچسب‌گذاری شده و بر مبنای آن، نتایج حاصل از روش بخش‌بندی ارائه‌شده با روش آستانه‌گذاری اتسو و روش آستانه‌گذاری تطبیقی مقایسه‌شده است. باتوجه به اینکه، هدف بخش‌بندی در این پژوهش اندازه‌گیری پارامترهای ابعادی معینی است، برچسب‌گذاری به‌صورتی هدفمند صورت گرفته است. در این‌راستا، درون تصویر سطح خاکستری چند پیکسل از نقاط مرزی متناظر با هر یک از ابعاد مورد توجه سفید شده‌اند. همچنین، پیکسل‌هایی که بلافاصله پس از آن‌ها قرار گرفته‌اند به رنگ سیاه درآمده‌اند تا قابلیت تمییزدهی روش پیشنهادی تایید شود. شکل ۶ یک نمونه از تصاویر برچسب‌گذاری شده را نشان می‌دهد. باتوجه به عملکرد روش پیشنهادی و روش‌های مورد مقایسه در تشخیص صحیح پیکسل‌های بااهمیت، شاخص دقت بخش‌بندی برای هر سه روش محاسبه‌شده است و نتایج در جدول ۲ ارائه‌شده است.

از بخش‌های حیاتی ویال (براساس نسبت قسمت گلوگاه به بدنه ویال) و انجام پیش‌افکنی‌های مشخص، مقدار سایر پارامترهای ابعادی ویال محاسبه می‌شود. در انتها، توسط انجام مقیاس‌بندی دوربین و تعیین اندازه واقعی پیکسل‌های تصویر به میلی‌متر، مقادیر محاسبه‌شده به میلی‌متر تبدیل می‌گردند.

### ۳- نتایج

در این قسمت، روش ارائه شده در این مقاله برای اندازه‌گیری چهار شاخص ابعادی مهم روی یک مجموعه از ۳۶۰ تصویر نمونه آزمون‌شده است. در این راستا، ابتدا اندازه واقعی ابعاد تمام ویال‌ها ثبت شده است. سپس، اندازه ابعاد مورد بررسی از یک تصویر نمونه به صورت دستی و با شمارش پیکسل‌های آن به‌دست آمده است و با استفاده از آن، اندازه پیکسل‌های تصویر به‌ترتیب برای تمام ابعاد بررسی مقیاس‌بندی شده است. سپس، تصاویر رنگی به سطح خاکستری تبدیل شده‌اند. در ادامه، به‌منظور پررنگ‌تر کردن تغییرات روشنایی در لبه‌های ویال، تصاویر با استفاده از فیلترگذاری تیز شده است. شکل ۳ تصویر اولیه و تصویر تیز شده را کنار هم نشان می‌دهد.



شکل ۳ نمایش تیز کردن تصویر، (a) تصویر اولیه؛ (b) تصویر تیز شده

پس از تیز کردن تصویر، با استفاده تغییرات موجود در هیستوگرام پیش‌افکنی تصویر مکان تقریبی ویال‌ها شناسایی شده‌اند تا با برش تصویر از محاسبات اضافی جلوگیری شود. به‌عنوان نمونه، شکل ۴ هیستوگرام پیش‌افکنی تصویر و برش ایجاد شده در تصویر را نشان می‌دهد.

در ادامه تصاویر تحت فیلترگذاری انحراف استاندارد محلی قرار گرفته‌اند. در این مرحله، اندازه همسایگی  $9 \times 9$  توسط سعی و خطا انتخاب شده است. پس از آن، با استفاده از الگوریتم c-means فازی تصاویر حاصل به تصاویر سیاه و سفید بخش‌بندی شده‌اند. شکل ۵ نتیجه فیلترگذاری انحراف معیار محلی و بخش‌بندی را کنار هم نشان می‌دهد.

صحیح برای هر یک از پارامترهای ابعادی مورد نظر در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۲ دقت انجام عملیات بخش‌بندی

| روش بخش‌بندی | روش اتسو | آستانه‌گذاری تطبیقی | روش پیشنهادی |
|--------------|----------|---------------------|--------------|
| دقت بخش‌بندی | ۰,۴۹۰۳   | ۰,۴۸۵۳              | ۰,۹۰۰۹       |

جدول ۳ دقت دسته‌بندی روش ارائه‌شده برای دسته‌بندی ابعاد مورد بررسی

| پارامتر ابعادی | $h_1$ | $h_3$ | $d_2$ | $d_4$ |
|----------------|-------|-------|-------|-------|
| دقت دسته‌بندی  | ۱۰۰   | ۷۱,۱۱ | ۹۰,۳۷ | ۸۲,۷۸ |

همانطور که در جدول بب مشاهده می‌شود، دقت روش پیشنهادی برای دسته‌بندی پارامترهای  $h_3$  و  $d_4$  پایین‌تر است. از آنجایی که، تصویر شیشه دارای ماهیت شفاف می‌باشد و در نقاط لبه تشخیص پیکسل‌های مرزی بسیار دشوار می‌باشد، برای آن محصولاتی که دارای اندازه‌ای نزدیک به حدود بالا و پایین می‌باشند، احتمال خطا افزایش می‌یابد. در این راستا، مقادیر محاسبه‌شده در یک بازه کوچک نزدیک به حدود بالا و پایین می‌توانند به صورت نقاط هشدار تعریف شوند تا با تنظیم پارامترهای دستگاه، تولید محصول در حالت ایده‌آل ادامه یابد.

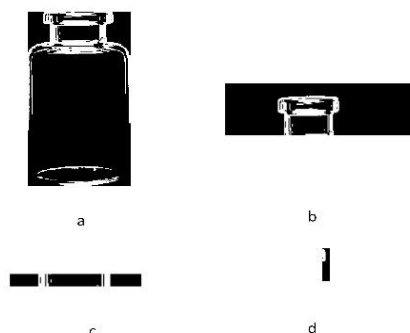
#### ۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، به منظور حذف فرایند بازرسی بصری فردی در عملیات کنترل کیفیت ابعادی ویال‌های شیشه‌ای، یک روش مبتنی بر پردازش تصویر ارائه شده است. در این روش، با استفاده از ترکیب فیلتر انحراف استاندارد محلی و روش c-means فازی تصاویر بخش‌بندی شده و با استفاده از هیستوگرام پیش‌افکنی تصویر مقادیر پارامترهای ابعادی مورد بررسی، اندازه‌گیری شده است. با استفاده از مقیاس‌بندی تصاویر و تبدیل مقادیر پیکسلی به مقادیر ولقی، دقت دسته‌بندی روش پیشنهادی روی یک مجموعه نمونه از ۳۶۰ تصویر آزمون‌شده است. در این مقاله، با استفاده از ترکیب فیلتر انحراف استاندارد محلی و روش c-means فازی، دقت بخش‌بندی نسبت به روش‌های متداول بخش‌بندی بهبود داده شده است. با این حال، دقت دسته‌بندی نهایی روش پیشنهادی برای برخی پارامترها کامل نیست. با بررسی‌های دقیق، مشاهده شده است که تصاویر ویال در لبه‌ها دارای تفکیک بسیار پایینی نسبت به پس‌زمینه هستند و این امر خطای محاسباتی را در حد یک پیکسل ایجاد می‌کند. در نتیجه، برای نمونه‌هایی که دارای اندازه‌ای نزدیک به حدود بالا و پایین قابل قبول هستند، دقت دسته‌بندی کاهش پیدا می‌کند. این مشکل، می‌تواند با در نظر گرفتن



شکل ۶ یک نمونه از تصاویر برچسب‌گذاری شده

همانطور که مشاهده می‌شود، دقت روش پیشنهادی در مقایسه با دو روش دیگر بهتر بوده و مقدار مناسبی دارد. پس از انجام بخش‌بندی، ابتدا با استفاده از روش ریخت‌شناختی باز کردن ذرات ریز احتمالی موجود در پس‌زمینه تصویر حذف شده‌اند و سپس با استفاده از پیش‌افکنی تصویر، پارامترهای ابعادی به صورت تعداد پیکسل محاسبه شده‌اند. در این مرحله ابتدا ارتفاع ویال محاسبه شده است و در ادامه، با انجام برش‌های تقریبی، قسمت گردن و رینگ تصویر بخش‌بندی شده جدا شده و با استفاده از پیش‌افکنی و شمارش پیکسل مقدار پارامترهای مورد نظر به صورت تعداد پیکسل محاسبه شده است. در پایان نیز، با استفاده از اطلاعات مقیاس‌بندی مقادیر پیکسلی به مقادیر واقعی تبدیل شده‌اند. شکل ۷ برش‌های مختلف را برای انجام محاسبات نشان می‌دهد.



شکل ۷ برش‌های تقریبی تصویر برای انجام محاسبات، (a) برش ارتفاع؛ (b) برش گردن و رینگ؛ (c) برش گردن؛ (d) برش رینگ

همانطور که در متن اشاره شد، روش پیشنهادی روی یک مجموعه از ۳۶۰ تصویر اجرا شده است. در این راستا، ابتدا تصاویر بر مبنای اندازه واقعی و معیارهای ارائه‌شده در جدول ۱ به سه دسته کوتاه، ایده‌آل و بلند دسته‌بندی شدند. سپس، با اجرای روش ارائه‌شده و مشاهده نتایج دسته‌بندی آن، دقت روش ارائه‌شده به صورت تعداد دسته‌بندی‌های

ابعادی از نماهای مختلف و توسعه روش‌های بخش‌بندی دیگر برای افزایش دقت دسته‌بندی نهایی پیشنهاد می‌شود.

پیام هشدار برای مقادیر نزدیک به حدود بالا و پایین برطرف شود. به‌منظور انجام مطالعات پژوهشی در آینده، اندازه‌گیری پارامترهای

## ۵- مراجع

- [۸] Sanver, U., Yavuz, E., & Eyupoglu, C. (2017, February). An image processing application to detect faulty bottle packaging. In *Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*, 2017 IEEE Conference of Russian (pp. 986-989). IEEE.
- [۹] Susan, S., & Sharma, M. (2017). Automatic texture defect detection using Gaussian mixture entropy modeling. *Neurocomputing*, 239, 232-237.
- [۱۰] Li, J., Zuo, B., Wang, C., & Tu, W. (2015). A Direct Measurement Method of Yarn Evenness Based on Machine Vision. *Journal of Engineered Fabrics & Fibers (JEFF)*, 10(4).
- [۱۱] Al-Jubouri, Q., Al-Nuaimy, W., Al-Tae, M., & Young, I. (2017). An automated vision system for measurement of zebrafish length using low-cost orthogonal web cameras. *Aquacultural Engineering*, 78, 155-162.
- [۱۲] Liu, J., Lu, E., Yi, H., Wang, M., & Ao, P. (2017). A new surface roughness measurement method based on a color distribution statistical matrix. *Measurement*, 103, 165-178.
- [۱۳] Peng, X., & Li, X. (2015). An online glass medicine bottle defect inspection method based on machine vision. *Glass Technology-European Journal of Glass Science and Technology Part A*, 56(3), 88-94.
- [۱۴] Ananthi, V. P., Balasubramaniam, P., & Kalaiselvi, T. (2016). A new fuzzy clustering algorithm for the segmentation of brain tumor. *Soft Computing*, 20(12), 4859-4879.

- [۱] Hanzaei, S. H., Afshar, A., & Barazandeh, F. (2017). Automatic detection and classification of the ceramic tiles' surface defects. *Pattern Recognition*, 66, 174-189.
- [۲] Han, Y., Wu, Y., Cao, D., & Yun, P. (2017). Defect detection on button surfaces with the weighted least-squares model. *Frontiers of Optoelectronics*, 10(2), 151-159.
- [۳] Rawashdeh, N. A., Abu-Khalaf, J. M., Khraisat, W., & Al-Hourani, S. S. (2018). A visual inspection system of glass ampoule packaging defects: effect of lighting configurations. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1-9.
- [۴] Cao, S., Jiao, N., & Wen, Z. Q. (2014). Classification of glass particles in parenteral product vials by visual, microscopic, and spectroscopic methods. *PDA journal of pharmaceutical science and technology*, 68(4), 362-372.
- [۵] Ragab, K., & Alsharay, N. (2017, March). Developing Parallel Cracks and Spots Ceramic Defect Detection and Classification Algorithm Using CUDA. In *Autonomous Decentralized System (ISADS), 2017 IEEE 13th International Symposium on* (pp. 255-261). IEEE.
- [۶] Dutta, S., Pal, S. K., Mukhopadhyay, S., & Sen, R. (2013). Application of digital image processing in tool condition monitoring: A review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 6(3), 212-232.
- [۷] Gonzalez, R. C. (2016). Digital image processing.

زیر نویس‌ها

<sup>۱</sup> Vial

<sup>۲</sup> Segmentation

<sup>۳</sup> Hun et al.

<sup>۴</sup> Sonveret al.

<sup>۵</sup> Susan & Sharma

<sup>۶</sup> Liet al.

<sup>۷</sup> Al-Jubouriet al

<sup>۸</sup> Liu et al.

<sup>۹</sup> Region of Interest

<sup>۱۰</sup> Opening

<sup>۱۱</sup> Projection Histogram