



## کنترل کیفیت فرآیند و فرآورده های غذایی با استفاده از سیستمهای بینایی کامپیوتری

حمیدرضا پوررضا

دانشگاه فردوسی مشهد

[hpourreza@um.ac.ir](mailto:hpourreza@um.ac.ir)

سید محمد علی رضوی

دانشگاه فردوسی مشهد

[S.Razavi@um.ac.ir](mailto:S.Razavi@um.ac.ir)

سید هاشم حسینی پرور<sup>\*</sup>

دانشگاه فردوسی مشهد

[se\\_ho88@stu-mail.um.ac.ir](mailto:se_ho88@stu-mail.um.ac.ir)

سید علی مرتضوی

دانشگاه فردوسی مشهد

[Morteza1937@yahoo.com](mailto:Morteza1937@yahoo.com)

الهام خانی پور

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد آیت ا... آملی [elhamkhanipour@yahoo.com](mailto:elhamkhanipour@yahoo.com)

رقمی ساز (Digitizer)، سخت افزار و نرم افزار کامپیوتری. این مقاله ضمن معرفی اجزاء و ویژگیهای سیستم های بینایی کامپیوتری، کاربردهای این سیستم ها را در صنایع غذایی تشریح می نماید.

**واژه های کلیدی:** بینایی کامپیوتری، پردازش و آنالیز تصویر، کنترل کیفیت مواد غذایی، کنترل فرآیند مواد غذایی

### 1- مقدمه :

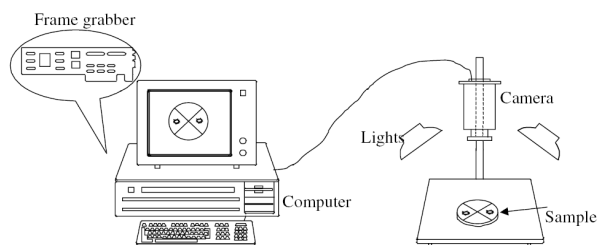
بینایی کامپیوتری ترکیبی از اوصاف آشکار و معنی دار اشیاء فیزیکی درون یک تصویر می باشد. بینایی ماشینی چندین فرآیند را در بر می گیرد. تصاویر توسط یک سنسور فیزیکی گرفته شده و سخت افزار و نرم افزار محاسباتی به منظور آنالیز تصاویر با هدف اجرای یک کاربصری از پیش تعریف شده مورد استفاده قرار می گیرند. بینایی ماشینی نیز

**چکیده:** روشهای معمول بازرسی، درجه بندی و سورتینگ دستی محصولات کشاورزی و فرآورده های غذایی هزینه بر، وقت گیر و سخت هستند، بعلاوه نتیجه عملکرد این روشها نیز قابل تضمین نبوده و کنترل کیفیت یکنواخت و پایدار محصولات غذایی با این روشها امکان پذیر نیست. در مقابل سیستم های بینایی کامپیوتری غیر مخرب، کارآمد و مقرون به صرفه بوده و نیز نتایج باثبات تر و پایدارتری ارائه می کنند. بطور کلی سیستم های بینایی کامپیوتری بر مبنای تصویربرداری از محصول، حتی در حین عبور از خط تولید و سپس پردازش تصویر گرفته شده و آنالیز آن کار می کنند. سیستم های بینایی کامپیوتری نه تنها اندازه، شکل، رنگ و بافت اشیاء را تشخیص می دهند بلکه ویژگیهای عددی اشیاء یا صحنه تصویر برداری شده را تعیین می کنند. یک سیستم بینایی کامپیوتری عموماً شامل پنج جزء اصلی است: تجهیزات روشنایی، سنسورها (دوربین)، گیرنده تصویر یا

تصویر اصلی؛ (3) عملیات بخش بندی تصویر به منظور تقسیم یک تصویر دیجیتالی به نواحی پراکنده ای که هم پوشانی نداشته باشند؛ (4) عملیات اندازه گیری هدف به منظور تعیین خصوصیات هدف نظیر اندازه، شکل، رنگ و بافت؛ و (5) عملیات طبقه بندی به منظور شناسایی اهداف توسط دسته بندی آنها در گروههای مختلف [1 و 2].

## 2-1- دریافت تصویر<sup>7</sup>

دریافت تصویر که عبارت است از گرفتن یک تصویر به فرم دیجیتالی، اولین مرحله در هر سیستم پردازش تصویری است. به منظور تبدیل تصاویر به فرم دیجیتالی انواع گسترده ای از سنسورها مورد استفاده قرار می گیرند. به منظور بدست آوردن تصاویر فراورده های غذایی سنسورهای مختلفی نظیر دوربین های CCD، اولتراسوند، تصویربرداری رزونانس مغنتیک (MRI)، توموگرافی محاسباتی<sup>8</sup> (CT)، و توموگرافی الکتریکی (ET) مورد استفاده قرار می گیرند. روشنایی پیش نیاز مهمی برای دریافت تصویر به منظور ارزیابی کیفیت مواد غذایی می باشد [1 و 11].



شکل 1- اجزاء یک سیستم بینایی کامپیوتری [9]

## 2-2- دوربین CCD

معمولاً در سیستم های پردازش تصویری برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی، دوربین های CCD مورد استفاده قرار می گیرند. دوربین های CCD قادرند نور را به بار الکتریکی تبدیل کرده و تصاویری با کیفیت بالا و اختشاش کم توسط تعدادی پیکسل و حساسیت نوری فوق العاده ای بوجود آورند که این تصاویر فاقد توزیع هندسی بوده و پاسخ

بعنوان استفاده از ابزارهایی برای ادراک غیر تماسی نوری<sup>1</sup> و فرآیندهای محاسبه و تصمیم گیری برای دریافت و تعبیر<sup>2</sup> اتوماتیک تصویری از یک صحنه واقعی شناخته می شود. این تکنولوژی برای دریافت و درک الکترونیکی یک تصویر از بینایی انسان الگو می گیرد. در صنایع غذایی، هنوز هم برخی از ارزیابی های کیفی بوسیله بازرسی های آموزش دیده و به صورت دستی انجام می گردد که این کار بسیار خسته کننده، کاربر و پر هزینه بوده و بطور ذاتی به دلیل طبیعت وابسته به فرد آن غیر قابل اعتماد است. صنایع غذایی در میان ده صنعت مهمی است که از تکنیکهای پردازش تصویری استفاده می کند. تقاضای روز افزون برای روشهای عینی<sup>3</sup>، سازگار و کارآمد ایجاد می کند که تکنیکهای پردازش تصویری با مبنای کامپیوتری ارائه شوند. این روشها قادرند خصوصیات پیچیده اندازه، شکل، رنگ و بافت مواد غذایی را به صورت کمی مشخص نمایند. سیستم های پردازش تصویری با ایجاد دقت، سازگاری و حذف بازرسی های دستی وابسته به فرد، نقش بسیار مهمی در ارزیابی کیفیت مواد غذایی ایفا می کنند [1، 2، 3، 4 و 11].

## 2- سیستم های بینایی کامپیوتری

یک سیستم بینایی کامپیوتری عموماً شامل پنج جزء اصلی است: روشنایی<sup>4</sup>، دوربین، صفحه گرفتن تصویر<sup>5</sup> (گیرنده تصویر یا رقمی ساز<sup>6</sup>)، سخت افزار و نرم افزار کامپیوتری که در شکل 1 نشان داده شده اند. مانند چشم انسان، سیستم های بینایی کامپیوتری نیز بوسیله سطح و کیفیت روشنایی تحت تاثیر قرار می گیرند. سیستم پردازش تصویری عموماً از پنج مرحله زیر که در شکل 2 نشان داده شده اند تشکیل شده است: (1) عملیات دریافت تصویر بمنظور تبدیل تصاویر به شکل دیجیتالی؛ (2) عملیات پیش از پردازش بمنظور بدست آوردن یک تصویر بهبود یافته با ابعاد

1 - Non-contact optical sensing

2 - Interpret

3 - Objective

4 - Illumination

5 - Image Capture board

6 - Frame grabber or digitiser

7 - Image acquisition

8 - Computed tomography

آنها به نور بسیار خطی می باشد. در برخی از موارد ارزیابی کیفیت مواد غذایی در ناحیه طیف معمولی مشکل است. بنابراین از طریق استفاده از فیلترهای مختلفی که با دوربین های CCD بکار می روند آنالیز تصاویر حاصل از نواحی طیفی خاص قابل انجام شده است. به منظور بازرسی کامل و اصولی فراورده های غذایی، استفاده از بیش از یک دوربین برای گرفتن تصاویر از جهات مختلف ماده غذایی ضروری می باشد [1].

**2-3- تکنولوژی دریافت تصویر برای ساختارهای داخلی<sup>1</sup>**  
 صفات خارجی نظیر اندازه، شکل، رنگ، بافت سطحی و نقایص خارجی را می توان بوسیله تجهیزات معمولی (مثل دوربین CCD) مورد ارزیابی قرار داد. لیکن، شناسایی و ارزیابی ساختارهای داخلی با وسایل تصویر برداری نسبتاً ساده و مرسوم مشکل است که در نتیجه نمی توان اطلاعات کافی برای شناسایی نقایص داخلی نظیر هسته آبی<sup>2</sup>، شکست و تخریب<sup>3</sup> و پوکی مغز<sup>4</sup> بدست آورد. برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی، استفاده از تکنولوژیهای خاص دریافت تصویر ضروری است: تکنولوژیهای اولتراسوند، MRI، CT و ET راه حل بالقوه ای برای مسائل مربوط به بازرسی ویژگیهای داخلی فراورده های غذایی می باشند [1 و 2].

اولتراسوند تکنولوژی جدیدی است که توسط آن تصاویر داخلی برای استفاده در ارزیابی کیفیت مواد غذایی گرفته می شود. مهمترین کاربردهای تصویر برداری اولتراسونیک در ارزیابی کیفیت مواد غذایی بعنوان یک روش کارآمد و مقرون به صرفه در صنایع گوشت می باشد. آنالیز تصویر اولتراسونیک برای اندازه گیری ضخامت چربی، تخمین راندمان و ارزیابی کیفیت گوشت اجرا شده است [1].  
 MRI عبارتست از یک تکنیک تصویر برداری که ابتدا به منظور بدست آوردن تصاویر با کیفیت بالا از درون یک جسم در دو یا سه بُعد مورد استفاده قرار می گیرد. مقالات متعددی در منابع مختلف نشان داده اند که MRI می تواند به

منظور ارزیابی خصوصیات کیفی مهم فراورده های غذایی مورد استفاده قرار گیرد. در برخی از تحقیقات MRI برای اندازه گیری رطوبت و مهاجرت آن در سیستم های غذایی بکار رفته است [1].

توموگرافی محاسباتی (CT) نوعی تکنیک غیر تخریبی برای تصویر برداری از مواد غذایی است که ویژگیهای داخلی یک جسم را نشان می دهد. بر اساس تفاوت موجود میان سرعتهایی که بافتها از شدت اشعه X می کاهند تصویر یک تکه نازک از جسم می تواند با استفاده از منبع متحرک اشعه X بدست آید. نمایش سه بُعدی یک جسم می تواند بوسیله بر روی هم قرار دادن چندین تکه جسم اسکن شده و ذخیره دیجیتال آن و استفاده آن برای ارزیابی انجام گیرد. ثابت شده که این یک روش کارآمد برای ارزیابی مقطع عرضی یک جسم است و کاربردهای گسترده ای در صنایع غذایی دارد. این روش بطور گسترده ای برای بسیاری از فراورده های غذایی شامل ماهی ها، میوه جات، گوشت و سبزیجات مورد استفاده قرار گرفته است. بعلاوه روش CT را می توان برای شناسایی مواد خارجی در مواد غذایی مورد استفاده قرار داد [1 و 19]. تکنیکهای توموگرافی الکتریکی (ET) برای دریافت تصویر مواد غذایی بطور روز افزونی عمومیت پیدا کرده که عموماً شامل سه شکل زیر می باشند: توموگرافی مقاومت الکتریکی<sup>5</sup> (امپدانس) (ERT یا EIT) توموگرافی کاپاسیتانس الکتریکی<sup>6</sup> (ECT) و توموگرافی القائی الکترومغناطیسی<sup>7</sup> (EMT).

### 3- پردازش و آنالیز تصویر

پردازش و آنالیز تصویر بعنوان هسته سیستم های بینایی کامپیوتری شناخته می شوند. پردازش تصویر مستلزم انجام یکسری عملیات بر روی تصویر است که کیفیت یک تصویر را بمنظور حذف عیوبی نظیر: اعوجاج هندسی<sup>8</sup>، فوکوس نامناسب<sup>9</sup>، اختشاش تکراری<sup>1</sup>، نورپردازی غیر

5 - Electrical resistance tomography

6 - Electrical capacitance tomography

7 - Electromagnetic inductance tomography

8 - Geometric distortion

9 - Improper focus

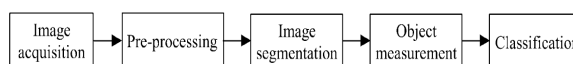
1 - Internal structure

2 - Water core

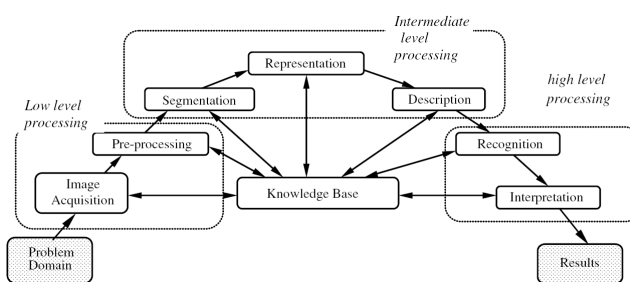
3 - Break down

4 - Hollow heart

یکنواخت و حرکت دوربین، افزایش می دهد. آنالیز تصویر عبارتست از فرآیند تشخیص اشیاء (یا نواحی مورد نظر) از زمینه تصویر. آنالیز تصویر همچنین تولید کننده اطلاعات کمی است که در سیستم های کنترلی بعدی برای تصمیم گیری مورد استفاده قرار می گیرند. پردازش و آنالیز تصویر شامل مجموعه ای از مراحل هستند که می توان آنها را در سه سطح تقسیم بندی نمود: پردازش سطح پائین، پردازش سطح متوسط و پردازش سطح بالا که در شکل 3 نشان داده شده اند [18].



شکل 2- اجزاء اصلی یک سیستم پردازش تصویر شامل: دریافت تصویر، پردازش اولیه، بخش بندی تصویر، اندازه گیری شیء و طبقه بندی [1]



شکل 3 - سطوح مختلف در فرآیند پردازش تصویر [18]

پردازش سطح پایین شامل گرفتن تصویر<sup>2</sup> و پردازش اولیه<sup>3</sup> است. گرفتن تصویر عبارتست از تبدیل سیگنال الکترونیکی حاصل از سنسور به فرم عددی. پردازش اولیه تصویر عبارتست از عملیاتی که بروی داده های خام تصویر بمنظور تصحیح اعوجاجهای هندسی، حذف اختشاش، تصحیح سطح خاکستری و تصحیح بخش های تیره و تاری انجام می گیرد. پردازش اولیه بوسیله جلوگیری از اعوجاجهای نامطلوب یا بوسیله بهبود ویژگیهای مهم و مطلوب تصویر به بهبود کیفیت تصویر کمک می کند [1 و 2]. پردازش سطح متوسط شامل مراحل بخش بندی<sup>5</sup> تصویر، نمایش<sup>6</sup> و توصیف<sup>7</sup> تصویر می باشد. بخش بندی تصویر یکی از مهمترین مراحل در کل

- 1 - Repetitive noise
- 2 - Image aquisition
- 3 - Pre-processing
- 4 - Blurring
- 5 - Segmentation
- 6 - Representation
- 7 - Description

تکنیک پردازش تصویری می باشد، زیرا داده های استخراجی بعدی تا حد زیادی به صحت این عملیات وابسته هستند. مهمترین نقش این مرحله، تقسیم یک تصویر به نواحی است که دارای همبستگی زیادی با اشیاء یا نواحی مورد نظر ما در تصویر می باشند. پردازش سطح بالا شامل شناخت و تعبیر<sup>8</sup> می شود که نوعاً طبقه بندی کننده های آماری یا شبکه های عصبی چند لایه ناحیه مورد نظر را مورد استفاده قرار می دهند. این مراحل اطلاعات لازم برای کنترل فرآیند/ ماشین برای افزایش کیفیت سورتینگ و درجه بندی را تامین می کند. در تمام مراحل فرآیند، بر همکنش با یک پایگاه داده ها برای تصمیم گیری دقیق تر ضروری است و این مرحله، بخش تکمیلی فرآیند پردازش تصویر است. الگوریتم هایی نظیر شبکه های عصبی، منطق فازی و الگوریتم ژنتیک، برخی از تکنیکهای ایجاد پایگاه داده ها در ساختارهای کامپیوتری می باشند [1 و 2].

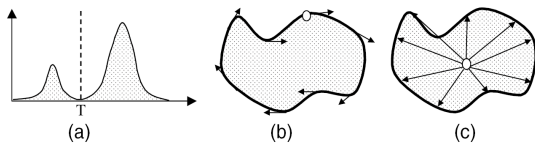
### 3-1- پردازش اولیه تصویر

تصاویر گرفته شده بوسیله دوربین CCD، اولتراسوند، MRI، و CT دارای انواع مختلفی از اختشاش<sup>9</sup> می باشند. این اختشاش ممکن است کیفیت یک تصویر را پائین آورده و در نتیجه نمی توان اطلاعات صحیحی برای پردازش بعدی تصویر بدست آورد. به منظور بهبود کیفیت یک تصویر لازم است یکسری عملیات برای حذف یا کاهش اشکالاتی که هنگام گرفتن تصویر بوجود آمده صورت گیرد. هدف از پردازش اولیه تصویر بهبود داده های تصویر است که اعوجاج و تغییر شکلهای نامطلوب تصویر را پنهان کرده یا برخی از خصوصیات تصویر را که برای پردازش بعدی اهمیت دارد را افزایش می دهد و برای کاربردهای خاص، تصویر بهتری نسبت به تصویر اولیه بوجود می آورد. برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی دو نوع مختلف پردازش اولیه تصویر می توان مورد استفاده قرار داد: پردازش اولیه پیکسلی و پردازش اولیه محلی، که بر مبنای اندازه پیکسل مجاور، پیکسل جدید محاسبه می شود. پردازش اولیه پیکسلی

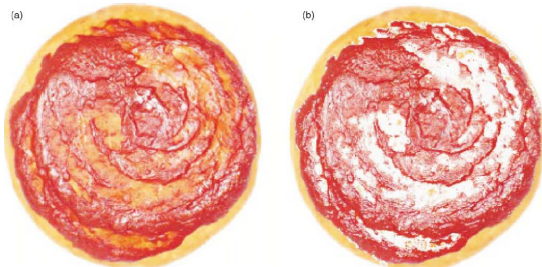
8- Recognition and interpretation

9 - Noise

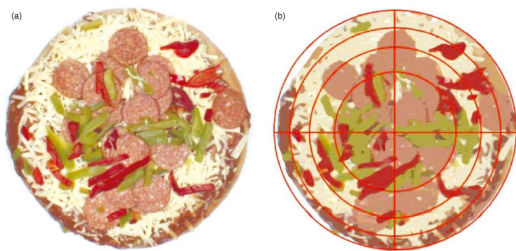
مرحله اول تصویر کل پیتزا از پس زمین سفید آن با استفاده از مدل *RGB* تقطیع شد. در مرحله دوم بوسیله قرار دادن مقادیر *HSI* بترتیب در دامنه های [14 و 220]، [0 و 125] و [0 و 200]، تقطیع سس پیتزا از خود پیتزا انجام شد؛ و در مرحله سوم تقطیع مناطق روشن سس پیتزا بوسیله قرار دادن مقادیر *HSI* بترتیب در دامنه های [2 و 14] و [53 و 125] و [200 و 106] انجام شد. شکل 5 تقطیع یک نمونه جداگانه بر روی نواحی سبک و سنگین سس را نشان می دهد [5 و 6]. بخش بندی بر مبنای ناحیه شامل بهم پیوستن پیکسلهای مشابه، به شکل نواحی نشان دهنده اشیاء جداگانه در تصویر می باشد. معیار تشابه پیکسلها می تواند بر مبنای سطح خاکستری، رنگ و یا بافت باشد. شکل 6 مثالی از تصاویر پیتزا و نتیجه تقطیع تصاویر با استفاده از یک تکنیک تقطیع بر مبنای ناحیه را نشان می دهد [17].



شکل 4 - تکنیکهای بخش بندی: (a) آستانه یابی، (b) بخش بندی بر مبنای لبه و (c) بخش بندی بر مبنای ناحیه ای [17]



شکل 5- تقطیع یک نمونه جداگانه بر روی نواحی سبک و سنگین سس: (a) تصویر اصلی (b) تصویر پس از بخش بندی که روی نواحی سفید سس کمتری کشیده شده [5]



شکل 6- تصاویر پیتزا: (a) تصویر اصلی؛ (b) تصویر بخش بندی شده [17]

تکنیک پردازش تصویری ساده ولی مهمی است که تصویر ورودی را به طریقی به تصویر خروجی تبدیل می کند که هر پیکسل تصویر خروجی مستقیماً به پیکسل هم مختصات آن در تصویر ورودی مربوط می شود. لیکن در پردازش اولیه محلی، همسایگی کوچکی از یک پیکسل در تصویر ورودی برای بدست آوردن مقدار روشنایی پیکسل تصویر خروجی مورد استفاده قرار می گیرد که اینکار فیلتراسیون نیز نامیده می شود [1 و 2].

## 2-3- بخش بندی تصویر<sup>1</sup>

بخش بندی تصویر در واقع بخش کردن یک تصویر به اجزاء تشکیل دهنده آن است که این عمل بدلیل اطلاعات بصری فراوان موجود در تصویر، کار مفیدی است. تکنیکهای بخش بندی تصویری که برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی توسعه یافته اند را می توان به چهار روش مختلف تقسیم نمود: بخش بندی بر مبنای آستانه یابی، بخش بندی بر مبنای ناحیه<sup>2</sup>، بخش بندی بر مبنای گرادیان<sup>3</sup> و بخش بندی بر مبنای طبقه بندی<sup>4</sup>. شکل 4 روشهای بخش بندی بر مبنای آستانه یابی، بر مبنای ناحیه و بر مبنای گرادیان را نشان می دهد. بررسی منابع در رابطه با بخش بندی تصویر نشان می دهد که در بیشتر کاربردها، روشهای بر مبنای آستانه یابی و بر مبنای ناحیه برای بخش بندی تصویر مورد استفاده قرار می گیرد. روش دیگر یعنی: بخش بندی بر مبنای گرادیان و بخش بندی بر مبنای طبقه بندی معمولاً کمتر مورد استفاده قرار می گیرد. تصویر بخش بندی شده ممکن است بصورت یک مرز یا یک ناحیه نشان داده شود. برای آنالیز ویژگیهای اندازه و شکل<sup>5</sup>، نمایش مرز<sup>6</sup> مناسب است. در حالیکه برای ارزیابی بافت و عیوب تصویر نمایش ناحیه<sup>7</sup> مورد استفاده قرار می گیرد [1]. سان و بروسنان در سال 2003 تصویر سس پیتزا را بر مبنای آستانه یابی آنالیز نمودند که شامل سه مرحله زیر بود: در

1 - Image segmentation

2 - region-based

3 - gradient-based

4 - classification-based

5 - Size and shape features

6 - Boundary representation

7 - Region representation

در روشهای بر مبنای طبقه بندی براساس تکنیکهای طبقه بندی نظیر تکنیکهای آماری، منطق فازی و شبکه عصبی هر پیکسل را به اشیاء مختلفی<sup>1</sup> نسبت دهند [1 و 11 و 8].

### 3-3- اندازه گیری شی (تعیین ابعاد)<sup>2</sup>

ابتدا تصویر را به اشیاء مجزایی تقطیع نموده و سپس می توان آنها را برای پردازش بیشتر و آنالیز بوسیله اندازه گیری ویژگیهای فردی هر یک از اشیاء توصیف کرد. معمولاً یک شیء تقطیع شده را در یک تصویر می توان به وسیله خصوصیات بیرونی یا خصوصیات درونی<sup>3</sup> آن نشان داد. بسیاری از ویژگیها را می توان به منظور توصیف یک شیء مورد استفاده قرار داد که این ویژگیها با اطلاعات حاصل از اشیاء مشخصی به منظور طبقه بندی یک شیء در یکی از طبقات مقایسه می شود. اندازه گیری هایی که در مورد ویژگیهای تصاویر مربوط به ارزیابی کیفیت مواد غذایی انجام می گیرد را می توان در چهار گروه طبقه بندی نمود: اندازه، شکل، رنگ و بافت<sup>4</sup> [1 و 8].

### 3-3-1- اندازه

سه خصوصیت متداول برای تعیین اندازه یک شیء در ارزیابی کیفیت مواد غذایی عبارتند از: مساحت، محیط و طول و عرض<sup>5</sup>. مناسب ترین خصوصیت برای تعیین اندازه، مساحت است. برای نمایش بر مبنای پیکسل<sup>6</sup>، تعداد پیکسلهای درون مساحت بوسیله شمارش مستقیماً تعیین می شود [1 و 2].

### 3-3-2- شکل

شکل یکی از متداولترین ویژگیها برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی است. در مقایسه با سایر ویژگیهایی نظیر رنگ و بافت، شکل با استفاده از تکنیکهای پردازش تصویر آسانتر تعیین می شود. اغلب اشیاء موجود در یک طبقه را می توان بوسیله شکلهای آنها (که در واقع اندازه ابعاد فیزیکی

مشخص کننده ظاهر یک شیء است) نسبت به بقیه تشخیص داد. ویژگیهای شکل را می توان بطور مستقل و بوسیله ترکیب مقادیر ساین (اندازه) تعیین نمود [1 و 2 و 8].

### 3-3-3- ترکیب مقادیر ساین (اندازه)

قدیمی ترین نوع توصیف کننده های<sup>7</sup> شکل، صرفاً ترکیب پارامترهای اندازه می باشد. از جمله موارد استفاده از ترکیب مقادیر اندازه می توان به ارزیابی قابل قبول بودن و یا بد شکل بودن گریپ فروتها، با استفاده از چهار ویژگی نسبت مساحت، گردی<sup>8</sup>، دامن<sup>9</sup> قطر و نسبت بُعد<sup>9</sup> اشاره کرد [1 و 12].

### 3-3-4- عدم وابستگی به مقادیر اندازه<sup>10</sup>

تکنیکهای مختلفی برای توصیف شکل بدون نیاز به مقادیر اندازه برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی مورد بررسی قرار گرفته اند. از میان این تکنیکها، بیشترین کاربردها بر مبنای توصیف کننده فوریه<sup>11</sup> و گشتاور ثابت<sup>12</sup> می باشد. تبدیل فوریه یک سیگنال تابع مرزی<sup>13</sup>، نوعی توصیف جایگزین برای شکل شیء مربوطه است. به منظور مشخص کردن شکل اصلی شیء فقط به ضرایب فوریه درجه پایین<sup>14</sup> نیاز هست و این ضرایب برای توصیف کننده شکل داوطلب<sup>15</sup> می شوند. گشتاورهای ثابت دارای برخی خصوصیات از جمله اینکه نسبت به انتقال، چرخش و تغییرات مقیاس حساس نبوده و بتوانند به منظور تعیین ویژگیهای شکل مورد استفاده قرار گیرند، بایستی باشند [1 و 2].

### 3-3-5- رنگ

در آنالیز تصاویر فرآورده های غذایی، رنگ یک ویژگی تعیین کننده و توصیفگر قدرتمند است که اغلب استخراج شیء و شناسایی آن در یک تصویر را ساده می کند.

7 - Descriptors

8 - Circularity

9 - Aspect ratio

10 - independence of size measurements

11 - Fourier descriptor

12 - Invariant moments

13- Boundary Function

14 - Low-order

15 - Candidates

1- Different objects

2- Object measurement

3- External and internal Characteristics

4 - Size, Shape, Colour and texture

5 - Area, Perimeter, and Length and width

6- Pixel-based representation

دید رنگی<sup>1</sup>، بمقدار زیادی قابلیت تفکیک سه بُعدی را افزایش می دهد که این مساله می تواند به منظور کمی کردن توزیع رنگ اجزاء تصویر مورد استفاده قرار گیرد. ویژگیهای رنگی یک شیء را می توان بوسیله آزمایش هر پیکسل درون مرز شیء، استخراج نمود. ثابت شده که رنگ برای اندازه گیری به طریق عینی بسیاری از مواد غذایی مانند میوه ها، غلات، گوشت و سبزیجات بطور موفقیت آمیزی بکار می رود. از جمله این کاربردها می توان به بخش بندی عیوب روی سیبهای گلدن دلشس و تعیین درصد وزنی دانه های گندم آسیب دیده اشاره کرد [7 و 10 و 13 و 14].

### 3-6- بافت

در آنالیز تصویر، ویژگی بافت نشاندهنده چیدمان فضای سطوح خاکستری پیکسلها در یک ناحیه است. بافت یک مساحت تقطیع شده، ویژگی مهمی برای توصیف مساحت است که برخی از خصوصیات تغییرات سطوح خاکستری درون شیء را کمی می کند. از میان روشهای آنالیز بافت برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی، بیشتر روشهای *Pixel-value run length* و *Co-occurrence matrix* آماری می باشند. لیکن چندین روش توصیف بافت نیز بر مبنای طیف فوریه<sup>2</sup>، تبدیل *Wavelet* و *fractal dimension* وجود دارند. روشهای آماری، خصوصیات مختلف را محاسبه کرده و ویژگیهای بافتی نظیر همواری<sup>3</sup>، زبری<sup>4</sup> و دانه دانه ای بودن<sup>5</sup> را مشخص می کنند [1 و 2].

### 4- طبقه بندی

طبقه بندی، اشیاء را بوسیله قرار دادن آنها در یکی از مجموعه های معین طبقات شناسایی می کند. که اینکار مستلزم مقایسه ویژگیهای اندازه گیری شده یک شیء جدید با یک شیء معین یا سایر معیارهای مشخص و تعیین اینکه شیء جدید به کدام طبقه خاص از اشیاء تعلق دارد، می باشد.

- 
- 1 - Colour vision
  - 2 - Fourier Spectrum
  - 3 - Smoothness
  - 4 - Coarseness
  - 5 - Graininess
  - 6 - Classification

برای این منظور در ارزیابی کیفیت مواد غذایی روشهای زیادی مورد استفاده قرار می گیرند. سه روش مهم طبقه بندی که در منابع به آنها اشاره شده آمار، منطق فازی و شبکه عصبی می باشند [1].

### 4-1- طبقه بندی آماری

روشهای آماری معمولاً بوسیله یک مدل آماری صریح<sup>7</sup> مشخص می شوند که بجای طبقه بندی ساده، احتمال بودن در هر طبقه ای را ارائه می کند. به منظور دسته بندی فرآورده های غذایی نظیر لاشه طیور، سیبها، دانه های غلات و کلوچه ها<sup>8</sup> چندین روش آماری طبقه بندی توسعه یافته اند [1 و 4].

### 4-2- طبقه بندی فازی

در مقایسه با روشهای مرسوم طبقه بندی، طبقه بندی فازی نمونه های جداگانه را در طبقاتی که فاقد مرز معین و واضحی هستند گروه بندی می کند. مزیت طبقه بندی فازی در اینست که درجه توابع عضویت می تواند اطلاعات بیشتری راجع به اطمینان از تخصیص طبقه<sup>9</sup> ارائه نماید. اخیراً روشهای طبقه بندی فازی برای درجه بندی فرآورده های ماهی، درجه بندی گوجه فرنگی ها و طبقه بندی پیتزا مورد استفاده قرار گرفته اند [1 و 15].

### 4-3- طبقه بندی شبکه عصبی

روشهای شبکه عصبی، پیچیدگی برخی از تکنیکهای آماری را با عینیت بخشیدن به یادگیری ماشین از طریق تقلید هوش انسان ترکیب می کنند. شبکه کامل مجموعه خیلی پیچیده ای از وابستگی های بینابینی<sup>10</sup> را نشان می دهد که ممکن است هر درجه ای از غیر خطی بودن<sup>11</sup> را ثبت کند. برای طبقه بندی مواد غذایی، به منظور تبدیل خصوصیات فیزیکی به فاکتورهای کیفی، توابع خیلی معمولی را می توان بکار برد. شبکه های عصبی مصنوعی قابلیت استفاده برای

- 
- 7 - explicit probability model
  - 8 - Muffin
  - 9 - class assignment
  - 10 - inter-dependencies
  - 11 - non-linearity

نیست. تلفیق الگوریتم های پردازش تصویر در سخت افزارهای خاص می تواند بطور قابل ملاحظه ای زمان مورد نیاز را کاهش دهد. تکنیک های پردازش تصویر به کمک نرم افزار و سخت افزارهای ارزان و سریع نقش بسیار مهمی در ارزیابی کیفیت مواد غذایی ایفا خواهند کرد. از این رو با توجه به مزایای بسیار زیاد این تکنیکها توسعه کاربرد آنها در صنایع غذایی ایران ضروری به نظر می رسد.

طبقه بندی تعدادی از انواع محصولات غذایی شامل دانه ها، میوه ها، لاشه های طیور و سبزیجات را دارند [16، 17].

## 6- نتیجه گیری

مانع اصلی در استفاده از تکنیکهای تصویری برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی محدودیت های مالی است. یک سیستم پردازش تصویری هنوز در بسیاری از کاربردهای بالقوه، بدلیل هزینه های غیر قابل پذیرش آن قابل استفاده

- 1- Cheng-Jin Du and Da-Wen Sun (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 230-249.
- 2- Tadhg Brosnan, Da-Wen Sun (2002). Improving quality inspection of food products by computer vision—a review. *Journal of Food Engineering*, 61, 3-16.
- 3- Abdullah, M. Z., Guan, L. C., Lim, K. C., & Karim, A. A. (2004). The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering*, 61(1), 125-135.
- 4- Abdullah, M. Z., Aziz, S. A., & Mohamed, A. M. D (2000). Quality inspection of bakery products using a color-based machine vision system. *Journal of Food Quality*, 23, 39-50.
- 5- Da-Wen Sun, Tadhg Brosnan (2003a). Pizza quality evaluation using computer vision-Part 1 Pizza base and sauce spread. *Journal of Food Engineering*, 57, 81-89.
- 6- Da-Wen Sun, Tadhg Brosnan (2003b). Pizza quality evaluation using computer vision-Part 2 Pizza topping analysis. *Journal of Food Engineering*, 57, 91-95.
- 7- Leemans, V., M.-F. Destain (2004). A real-time grading method of apples based on features extracted from defects. *Journal of Food Engineering*, 61, 83-89.
- 8- Tadhg Brosnan, Da-Wen Sun (2002). Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems -a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36, 193-213.
- 9- Hai-Hong Wang, Da-Wen Sun (2002). Melting characteristics of cheese: analysis of effect of cheese dimensions using computer vision techniques. *Journal of Food Engineering*, 52, 279-284.
- 10- Leemans, V., H. Magein, M.-F. Destain (2002). On-line Fruit Grading according to their External Quality using Machine Vision. *Biosystems Engineering*, 83 (4), 397-404.
- 11- Cheng-Jin Du, Da-Wen Sun (2004). Shape extraction and classification of pizza base using computer vision. *Journal of Food Engineering*, 64, 489-496.
- 12- Miller, W. M. (1992). Classification analyses of Florida grapefruit based on shape parameters. In *Food Processing Automation II—Proceeding of the FPAC Conference (pp.339-347)*. St. Joseph, Michigan: ASAE.
- 13- Leemans, V., Magein, H., & Destain, M. F. (1998). Defects segmentation on 'Golden Delicious' apples by using colour machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 20, 117-130.
- 14- Ruan, R., Shu, N., Luo, L. Q., Xia, C., Chen, P., Jones, R., Wilcke, W., & Morey, R. V. (2001). Estimation of weight percentage of scabby wheat kernels using an automatic machine vision and neural network based system. *Transactions of the ASAE*, 44, 983-988.
- 15- Jahns, G., Nielsen, H. M., & Paul, W. (2001). Measuring image analysis attributes and modelling fuzzy consumer aspects for tomato quality grading. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31, 17-29.
- 16- Nakano, K. (1997). Application of neural networks to the color grading of apples. *Computers and Electronics in Agriculture*, 18, 105-116.
- 17- Kim, S., & Schatzki, T. F. (2000). Apple watercore sorting system using X-ray imagery: I. Algorithm development. *Transactions of the ASAE*, 43, 1695-1702.
- 18- Sun, D. W. (2000). Inspecting pizza topping percentage and distribution by a computer vision method. *Journal of Food Engineering*, 44, 245-249.
- 19- Ogawa, Y., Morita, K., Tanaka, S., Setoguchi, M., & Thai, C. N. (1998). Application of X-ray CT for detection of physical foreign materials in foods. *Transactions of the ASAE*, 41, 157-162.