



دانشکده‌ی فناوری کشاورزی و منابع طبیعی

گروه آموزشی مهندسی بیوسیستم

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی مهندسی مکانیک بیوسیستم گرایش فناوری پس از برداشت

عنوان:

**بررسی امکان تشخیص ارقام متداول برنج ایرانی با پردازش تصویر دیجیتالی و
هوش محاسباتی**

استاد راهنما:

دکتر یوسف عباسپورگیلانده

اساتید مشاور:

دکتر ولی رسولی شربیانی

مهندس فاطمه رحیمی اجدادی

پژوهشگر:

امیر مولائی

تابستان 1394

نام خانوادگی دانشجو: مولائی	نام: امیر
عنوان پایان نامه: بررسی امکان تشخیص ارقام متداول برنج ایرانی با پردازش تصویر دیجیتالی و هوش محاسباتی	
استاد راهنما: دکتر یوسف عباسپور گیلانده	
اساتید مشاور: دکتر ولی رسولی شریبانی - مهندس فاطمه رحیمی اجدادی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی مکانیک بیوسیستم
گرایش: فنآوری پس از برداشت	گرایش: فنآوری پس از برداشت
محقق اردبیلی	دانشگاه: محقق اردبیلی
تاریخ دفاع: 94/6/17	تعداد صفحات: 88
<p>چکیده:</p> <p>هر رقم برنج برتری‌های ویژه‌ی خود را دارد؛ به طوری که شناخت رقم و یا اطمینان از صحت رقم معرفی شده در تمام مراحل زراعی و مهم‌تر از آنها در مراحل پس از برداشت بسیار مهم است؛ زیرا به طور مستقیم در عملکرد محصول برداشت شده و نیز عملکرد محصول فرآوری شده تأثیرگذار است. روش‌های موجود برای شناسایی ارقام برنج وقت‌گیر و هزینه‌بر بوده و مخرب هستند. لذا بررسی و ارائه‌ی روش‌های نوین ضرورت می‌یابد. از این رو هدف از انجام این پژوهش استخراج ویژگی‌های رنگی، مورفولوژیکی و بافتی ارقام متداول برنج در ایران و دسته‌بندی ارقام بر اساس این ویژگی‌ها با استفاده از ابزارهای هوش محاسباتی است. در این پژوهش تصاویر دیجیتالی دانه‌های سبزه رقم برنج متداول در ایران در سه حالت شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید تهیه شد و پس از انجام عملیات پیش‌پردازش و قطعه‌بندی تصاویر با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، برای هر دانه‌ی برنج نودودو ویژگی شامل شصت ویژگی رنگی، چهارده ویژگی مورفولوژیکی و هجده ویژگی بافتی استخراج شد. پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، احتمال معنی‌داری تفاوت بین ارقام در تمام ویژگی‌ها با استفاده از تحلیل واریانس بررسی شد و از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار برای مقایسه‌ی دقیق‌تر ارقام استفاده گردید. برای کاهش ابعاد داده‌ها و تمرکز بر روی مؤثرترین مؤلفه‌ها در شناسایی ارقام از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. دقت جداسازی ارقام برنج با استفاده از روش تحلیل تشخیصی (DA) برای ارقام شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید به ترتیب برابر با 89/2٪، 87/7٪ و 83/1٪ به دست آمد. برای شناسایی و دسته‌بندی ارقام مورد نظر یک شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه بر اساس مؤثرترین مؤلفه‌ها طراحی گردید و فرآیند آموزشی آن با استفاده از الگوریتم لونیگ - مارکوارت انجام شد. نتایج نشان داد که این شبکه‌ی عصبی مصنوعی همه‌ی ارقام مورد نظر را با دقت دسته‌بندی 100٪ و با ضریب تبیین مدل رگرسیونی 0/9998 دسته‌بندی نماید. بنابراین می‌توان گفت برای شناسایی و دسته‌بندی ارقام برنج می‌توان از ترکیب فنون پردازش تصویر و انواع روش‌های تشخیص الگو مانند دسته‌بندی آماری و شبکه‌های عصبی مصنوعی به طور موفقیت‌آمیزی استفاده کرد.</p>	
کلید واژه‌ها: برنج، پردازش تصویر، رقم، هوش مصنوعی	

فهرست مطالب

صفحه

شماره و عنوان مطالب

فصل اول: کلیات پژوهش

1-1- مقدمه

2.....

2-1- بیان مسأله

3.....

3-1- ضرورت پژوهش

3.....

4-1- پردازش تصویر

4.....

5-1- هوش محاسباتی

4.....

6-1- سؤالات پژوهش

5.....

7-1- اهداف پژوهش

5.....

8-1- پیشینه‌ی پژوهش

5.....

فصل دوم: مواد و روش‌ها

1-2- تهیه‌ی نمونه‌ها

23.....

2-2- آماده‌سازی نمونه‌ها

23.....

3-2- سامانه‌ی تصویربرداری

26.....

4-2- تهیه‌ی تصاویر

28.....

5-2- نرم‌افزار MATLAB

30.....

30.....	6-2- قطعه‌بندی تصاویر
33.....	7-2- پیش‌پردازش تصاویر
34.....	8-2- ویژگی‌های رنگی
40.....	9-2- ویژگی‌های مورفولوژیکی
46.....	10-2- ویژگی‌های بافتی
49.....	11-2- روش‌های آماری استفاده شده
50.....	12-2- تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)
52.....	13-2- تحلیل تشخیصی
53.....	14-2- شناسایی و دسته‌بندی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی

فصل سوم: نتایج و یافته‌های پژوهش

57.....	3-1- مقدمه
57.....	3-2- آزمون نرمال بودن داده‌ها
59.....	3-3- تحلیل واریانس و مقایسه‌ی میانگین‌ها
69.....	3-4- تحلیل تشخیصی

74.....

فصل چهارم: نتیجه‌ها و پیشنهادها

4-1- نتیجه‌گیری

80.....

4-2- پیشنهادها

81.....

منابع

83.....

پیوست‌ها

پیوست 1: کد استفاده شده برای استخراج شصت ویژگی رنگی برای هر دانه‌ی برنج

86.....

پیوست 2: کد استفاده شده برای استخراج ویژگی‌های مورفولوژیکی

87.....

فهرست شکل‌ها

صفحه

شماره و عنوان شکل

- شکل 1-2: رطوبت‌سنج مورد استفاده برای سنجش محتوای رطوبتی شلتوک‌ها
24.....
- شکل 2-2: دستگاه استفاده شده برای پوست‌کنی شلتوک‌ها
25.....
- شکل 3-2: سفیدکن اصطکاکی استفاده شده در فرآوری برنج سفید
26.....
- شکل 4-2: الک دوار استفاده شده در جدا کردن دانه‌های شکسته از دانه‌های سالم
26.....
- شکل 5-2: نمای داخلی سامانه تصویربرداری
27.....
- شکل 6-2: طرح‌واره‌ی نسبت‌های کانونی در یک دوربین دیجیتال
28.....
- شکل 7-2: نمونه‌ای از هیستوگرام شدت به دست آمده از تصاویر
31.....
- شکل 8-2: هیستوگرام تصویری با دو شیء روشن در پس‌زمینه‌ی سیاه
32.....
- شکل 9-2: موقعیت نسبی رنگ‌ها در مدل رنگی RGB و رنگ‌های ثانویه‌ی حاصل از ترکیب سه رنگ اصلی
35.....
- شکل 10-2: طرح‌واره‌ی مؤلفه‌های تشکیل دهنده‌ی سیستم رنگی HSI
36.....
- شکل 11-2: نقش مؤلفه‌های مدل رنگی HSV در توصیف یک شدت رنگی
38.....
- شکل 12-2: مرکز جرم یک شیء در پس‌زمینه‌ی سیاه
42.....
- شکل 13-2: طرح‌واره‌ای از اکستریم‌های تعریف شده برای یک تصویر قطعه‌بندی شده
43.....
- شکل 14-2: تصویر حاصل از سنجه‌ی filled image که در آن حفره‌های بین اشیاء پر شده‌اند
43.....

شکل 2-15: شماتیکی از تعریف جهت یک شیء قطعه‌بندی شده در یک تصویر

44

شکل 2-16: شیوه‌ی شمارش پیکسل‌های مرزی یک شیء برای تعیین محیط آن

44

شکل 2-17: نمایش داده‌ها قبل و بعد از اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی

52.....

شکل 2-18: ساختار ابتدایی یک نرون

54.....

شکل 2-19: ساختار دو لایه‌ای در یک شبکه‌ی عصبی

54.....

شکل 3-1: هیستوگرام و منحنی توزیع نرمال مربع بیضی‌واری برای سبزه رقم برنج قهوه‌ای

58.....

شکل 3-2: هیستوگرام و منحنی توزیع نرمال انحراف معیار Cb برای سبزه رقم برنج سفید

58.....

شکل 3-3: هیستوگرام و منحنی توزیع نرمال آنتروپی در باند قرمز برای سبزه رقم شلتوک

59.....

شکل 3-4: میانگین مقادیر انحراف معیار مؤلفه‌ی آبی برای 13 رقم شلتوک

60.....

شکل 3-5: میانگین مقادیر متوسط مؤلفه‌ی YN برای 13 رقم شلتوک

60.....

شکل 3-6: میانگین مقادیر واریانس مؤلفه‌ی YN برای 13 رقم برنج سفید

61.....

شکل 3-7: میانگین مقادیر متوسط مؤلفه‌ی G برای 13 رقم برنج سفید

61.....

شکل 3-8: میانگین مقادیر واریانس مؤلفه‌ی G برای 13 رقم برنج قهوه‌ای

62.....

شکل 3-9: میانگین مقادیر واریانس مؤلفه‌ی رنگی II برای 13 رقم برنج قهوه‌ای

62.....

شکل 3-10: مقایسه‌ی مقادیر انحراف استاندارد B ارقام شلتوک

63.....

شکل 3-11: مقایسه‌ی ارقام شلتوک بر اساس مقادیر میانگین YY

64.....

شکل 3-12: نتایج دسته‌بندی ارقام شلتوک بر اساس مقایسه‌ی مقادیر میانگین YN

64.....

شکل 3-13: نتایج آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار برای مقادیر واریانس G در ارقام برنج قهوه‌ای

65.....

شکل 3-14: مقایسه‌ی مقادیر واریانس II برای ارقام برنج قهوه‌ای

65.....

شکل 3-15: کلاس‌بندی ارقام برنج قهوه‌ای با استفاده از مقایسه‌ی مقادیر واریانس YN

66.....

شکل 3-16: نتایج کلاس‌بندی ارقام برنج سفید بر اساس مقایسه‌ی مقادیر متوسط سطح خاکستری در باند سبز

66...

شکل 3-17: نتایج حاصل از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار برای میانگین G ارقام برنج سفید

67.....

شکل 3-18: مقایسه‌ی مقادیر واریانس YN برای ارقام برنج سفید

67.....

شکل 3-19: طرح‌واره‌ی سنگریزه برای تعیین مؤثرترین مؤلفه‌های جداکننده‌ی ارقام برنج سفید

68.....

شکل 3-20: نتایج حاصل از اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای مؤلفه‌های ارقام برنج قهوه‌ای

69.....

شکل 3-21: نتایج اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای تعیین مؤثرترین ویژگی‌ها در شناسایی ارقام

69.....

شکل 3-22: دسته‌بندی 13 رقم برنج قهوه‌ای با استفاده از تحلیل تشخیصی

70.....

شکل 3-23: دسته‌بندی 13 رقم شلتوک با استفاده از تحلیل تشخیصی

72.....

شکل 3-24: دسته‌بندی 13 رقم شلتوک با استفاده از تحلیل تشخیصی

73.....

شکل 3-25: عملکرد شبکه‌ی عصبی طراحی شده برای دسته‌بندی ارقام برنج قهوه‌ای

76.....

شکل 3-26: عملکرد شبکه‌ی عصبی طراحی شده برای شناسایی و دسته‌بندی ارقام شلتوک

76.....

شکل 3-27: عملکرد شبکه‌ی عصبی طراحی شده برای شناسایی و دسته‌بندی ارقام برنج سفید

شکل 3-28: رگرسیون حاصل از دسته‌بندی ارقام برنج قهوه‌ای با استفاده از شبکه‌ی عصبی پرسپترون سه لایه
78.....

شکل 3-29: رگرسیون حاصل دسته‌بندی ارقام شلتوک با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون سه لایه
78.....

شکل 3-30: نتایج رگرسیونی حاصل از شناسایی و دسته‌بندی ارقام سفید با استفاده از شبکه‌ی عصبی پرسپترون سه لایه
79.....

فهرست جدول‌ها

صفحه

شماره و عنوان جدول

جدول 2-1: ویژگی‌های رنگی استخراج شده برای دانه‌های برنج	40.....
جدول 2-2: ویژگی‌های مورفولوژیکی استخراج شده برای هر دانه‌ی برنج	46.....
جدول 2-3: ویژگی‌های بافتی استخراج شده برای هر دانه‌ی برنج	49.....
جدول 3-1: نتایج دسته‌بندی به روش تحلیل تشخیصی برای ارقام برنج قهوه‌ای	71.....
جدول 3-2: نتایج دسته‌بندی به روش تحلیل تشخیصی برای ارقام شلتوک	72.....
جدول 3-3: نتایج دسته‌بندی به روش تحلیل تشخیصی برای ارقام برنج سفید	74.....
جدول 3-4: کددهی به ارقام برنج مورد بررسی برای ورود به شبکه‌ی عصبی	75.....

فصل اول:

کلیات پژوهش

1-1- مقدمه

انسان برای انجام کارهای روزمره و پرداختن به انواع فعالیت‌های جسمی و ذهنی که با هدف جست‌وجو و کشف دنیای پیرامون انجام می‌دهد تا نیازها و خواسته‌های خود را در راستای تداوم و بهبود حیات برطرف کند، نیاز به تأمین انرژی مورد نیاز بدن دارد. لذا تغذیه از اساسی‌ترین احتیاجات بشری محسوب می‌شود که رشد روزافزون جمعیت روزبه‌روز بر اهمیت این نیاز می‌افزاید؛ به‌طوری که وظیفه‌ی سنگینی بر عهده‌ی دست‌اندرکاران حوزه‌ی تغذیه اعم از کشاورزان و فعالان عرصه‌ی فرآوری مواد غذایی و نیز فعالان عرصه‌ی حمل‌ونقل و تجارت بین‌المللی گذاشته می‌شود. طبق آمار منتشر شده از سوی دفتر مرجع جمعیت¹، پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهان تا سال 2050 میلادی از 7/3 میلیارد نفر فعلی به بیش از 9 میلیارد نفر برسد. تأمین انرژی مورد نیاز این جمعیت کاری بس دشوار بوده و به برنامه‌ریزی دقیق و پژوهش‌های فراوان در زمینه‌های مختلف نیاز است. انجام این دو مهم بر عهده‌ی دولتمردان و پژوهشگران زمینه‌های مختلف علمی می‌باشد.

در سال 2013 میلادی برنج چهارمین رتبه را در تأمین غذای جمعیت جهان داشت (فائو²، 2013). با توجه به اینکه برنج از خانواده‌ی غلات بوده و 80٪ نشاسته و 7٪ پروتئین دارد (زمانی و علیزاده، 1386)، کسب چنین جایگاهی در بین محصولات کشاورزی مختلف و متنوع دور از انتظار نیست. در سال 2013 میلادی سطح برداشت شده‌ی شلتوک برنج 165 میلیون هکتار، عملکرد آن 4/5 تن در هکتار و سرانه‌ی مصرف برنج 62 کیلوگرم - نفر بود (فائو، 2013).

کارلوس لینه³ در سال 1735 میلادی یک روش علمی برای طبقه‌بندی موجودات زنده ابداع کرد که هنوز هم از این روش برای فرمول‌بندی نام علمی جانداران استفاده می‌شود (جفری⁴، 1981). بر اساس این سیستم طبقه‌بندی ارقامی از برنج که کشت می‌شوند اکثراً از خانواده‌ی *اریزا*⁵ و گونه‌ی ساتیوا⁶ بوده و هر گونه شامل چندین رقم می‌باشد (زمانی و علیزاده، 1386).

البته تعداد ارقام موجود ثابت نبوده و در اثر تغییرات ژنتیکی که به صورت طبیعی رخ داده یا در نتیجه‌ی پژوهش‌های محققین علم ژنتیک در حوزه‌ی کشاورزی ارقام جدیدی به وجود می‌آیند. این پژوهش‌ها با هدف بهتر شدن کیفیت، افزایش عملکرد، مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها، تحمل تنش‌های زیست‌محیطی، کاهش نهاده‌های کشاورزی و افزایش آهن و روی موجود در برنج انجام می‌شود (خواجه‌پور، 1387). برای دستیابی به اهداف فوق پژوهشگران و مراکز تحقیقاتی فراوانی در سراسر جهان اقدام به تولید ارقام جدید نموده‌اند. در طی چند دهه‌ی اخیر مؤسسه‌ی تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان رشت نیز در راستای دستیابی به اهداف

¹ Population reference bureau

² FAO

³ Carl Linnaeus

⁴ Jeffrey

⁵ Oryza

⁶ Sativa

بیان شده و خودکفایی کشور در این محصول استراتژیک پژوهش‌هایی انجام داده و ارقام جدیدی از جمله ده‌سی - سی، ڈرفک، کادوس و گوهر را به شالی‌کاران استان‌های مختلف کشور معرفی نموده‌است.

1-2- بیان مسأله

هر رقم برنج برتری‌های ویژه‌ی خود را دارد؛ به‌طوری‌که با شرایط آب‌وهوایی خاصی سازگار بوده و اگر در خاکی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متناسب با آن رقم کشت شود بالاترین عملکرد را خواهیم داشت و مهم‌تر اینکه کیفیت برنج تولید شده مناسب خواهد بود. لذا شناخت ارقام در مرحله‌ی کاشت و حتی اطمینان از صحت معرفی ارقام موجود در بازار قبل از کاشت بسیار ضروری می‌باشد (زمانی و علیزاده، 1386). پس از برداشت برنج عملیات فرآوری نظیر خشک‌کردن، پوست‌کنی و سفیدکنی انجام می‌شود. دمای مناسب برای خشک کردن و رطوبت رقم مورد نظر در پایان این مرحله بسیار مهم است؛ زیرا در میزان ضایعات مراحل بعدی نقش بسزایی دارند و مقادیر بهینه‌ی این دو مؤلفه برای ارقام مختلف تفاوت دارد (لطیفی، 1393). برای پوست‌کنی برنج دستگاه‌های مختلفی با سازوکارهای متفاوت وجود دارد که استفاده از دستگاهی متناسب با رقم مورد نظر از تلفات این مرحله خواهدکاست. یکی از مشخصه‌هایی که در تعیین کیفیت برنج به آن توجه می‌شود درصد شکستگی دانه‌ها است و مدت زمان انجام عمل سفیدکنی بیش‌ترین تأثیر را در درصد شکستگی دارد (پیمان و همکاران، 1386). لذا وقتی عملیات سفیدکنی شروع می‌شود دانستن اینکه این عملیات تا چه زمانی باید ادامه یابد بسیار ضروری است که مقدار بهینه‌ی این بازه‌ی زمانی نیز برای هر رقم متفاوت است. در حوزه‌ی صنایع غذایی برنج به صورت‌های مختلفی مانند آرد برنج و کنسرو برنج فرآوری می‌شود که شناسایی رقم به تولید محصولاتی با کیفیت بهتر کمک می‌نماید (زمانی و علیزاده، 1386). هنگام خرید برنج از بازار برای پخت و مصرف آن نیز شناخت رقم و یا اطمینان از صحت رقم معرفی شده ضرورت دارد؛ زیرا با توجه به اینکه ارقام مختلف کیفیت و قیمت یکسانی ندارند امکان اختلاط ارقام با یکدیگر به صورت سهوی در یکی از مراحل فرآوری برنج و یا به صورت عمدی در بازارهای خرید و فروش داخلی و بین‌المللی با هدف سود مالی بیش‌تر وجود دارد.

1-3- ضرورت پژوهش

شالی‌کاران و افراد خیره‌ای که در حوزه‌ی خرید و فروش برنج فعالیت دارند از روی تجربه و با بررسی ویژگی‌های هندسی (مثل ابعاد و میزان تحذب دانه‌ها) و نیز ویژگی‌های رنگی و بافتی مثل میزان تیرگی یا روشنی، زبری و نرمی دانه‌ها و نیز نحوه‌ی استقرار دانه‌ها در کنار هم در یک توده اقدام به شناسایی و تعیین رقم می‌نمایند. این روش‌های تجربی وقت‌گیر بوده و احتیاج به حضور افراد خیره و کارشناس داریم. مضافاً بدیهی است که شرایط جسمی و روحی این افراد بر نتیجه‌ی تحلیل آنها تأثیر خواهدگذاشت و خطاهای انسانی ناشی از کم‌دقتی و خستگی در این روش‌ها دخیل است. لذا بررسی و ارائه‌ی روش‌های نوین در شناسایی ارقام و نیز

طراحی و توسعه‌ی یک سامانه‌ی خودکار با استفاده از فناوری‌های جدید و پیشرفته که با صرف کم‌ترین زمان و هزینه و با حداقل دخالت انسانی قادر به شناسایی و تعیین رقم به صورت غیرمخرب باشد ضرورت می‌یابد.

1-4- پردازش تصویر

یکی از فناوری‌های نوپایی که در چند دهه‌ی اخیر در پژوهش‌های مربوط به حوزه‌ی کشاورزی و صنایع- غذایی به طور جدی استفاده می‌شود، ماشین‌بینایی و زیرمجموعه‌های آن مانند پردازش تصویر، هوش محاسباتی و غیره است. تصویر را می‌توان یک تابع دوبعدی مثل $f(x,y)$ در نظر گرفت که x و y مختصات مکانی¹ هستند و مقدار f در هر (x,y) شدت² تصویر در آن نقطه است. وقتی x و y و مقادیر شدت f متناهی و کمیت‌هایی گسسته باشند تصویر را تصویر رقمی³ می‌نامیم. علاقه به پردازش تصویر رقمی از دو دسته کاربرد ناشی می‌شود: 1- بهبود اطلاعات تصویری برای تفسیر انسانی 2- پردازش داده‌های تصویر برای ذخیره‌سازی، تبدیل و نمایش برای درک ماشین خودمختار (سُلْمون و برسکون، 2011).

در حالت کلی ویژگی‌های یک تصویر شامل ویژگی‌های رنگی، ویژگی‌های مورفولوژیکی و ویژگی‌های بافتی است. برای استخراج ویژگی‌های رنگی اشیاء موجود در تصویر از مدل‌های رنگی استاندارد و تعریف‌شده استفاده می‌شود. ویژگی‌های هندسی شامل قطر اصلی، قطر فرعی، محیط و مساحت می‌باشند که از ترکیب ریاضیاتی این ویژگی‌ها ویژگی‌های شکلی مطرح می‌شود. ویژگی‌های بافتی بر اساس روابط آماری و اندازه-گیری‌های طیفی تعریف شده‌اند و میزان یکنواختی بافت تصویر، نرمی یا زبری اشیاء موجود در تصویر و غیره را بیان می‌کنند (پلاتانیوتیس و وِنتسانپولوس، 2000). در فصل 2 این سه دسته ویژگی به طور مفصل بررسی خواهند شد.

1-5- هوش محاسباتی

هوش محاسباتی⁴ یکی از زیربخش‌های بسیار مهم و کاربردی هوش مصنوعی است که در آن از ابزارهای مختلفی برای تحقق ایده‌های هوش مصنوعی استفاده می‌شود. ابزارهای مورد استفاده در هوش محاسباتی غالباً ابزارهای ریاضیاتی هستند که در ابداع آنها به نوعی از طبیعت و دنیای اطراف الهام گرفته شده‌است. مهم‌ترین ابزارها و الگوهایی که در هوش محاسباتی مطرح می‌شوند انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشند (انگلبِرت⁵، 2007). شبکه‌ی عصبی مصنوعی⁶ یک سیستم پردازش اطلاعات است که دارای ویژگی‌های مشترکی با شبکه‌ی

¹ Spatial

² Intensity

³ Digital

⁴ Solomon and Breckon

⁵ Plataniotis & Venetsanopoulos

⁶ Computational Intelligence

⁷ Engelbercht

⁸ Artificial neural network

عصبی طبیعی است. شبکه‌های عصبی مصنوعی تعمیم‌یافته‌ی مدل‌های ریاضی تشخیص انسان بر اساس زیست-شناسی عصبی هستند که در زمینه‌های مختلفی مانند پردازش سیگنال، کنترل، بازشناسی الگو و غیره به کار می‌روند. شبکه‌های عصبی ابزاری مفید برای حل انواع مسائل مانند نگاشت (شامل پیوند الگو و طبقه‌بندی الگو)، خوشه‌بندی و بهینه‌سازی هستند. به عبارت دیگر شبکه‌های عصبی مدل‌های ریاضی پردازش اطلاعات هستند (براسپنینگ و تویجسمن¹، 1995).

1-6- سؤالات پژوهش

- 1- آیا بین ویژگی‌های رنگی، مورفولوژیکی و بافتی تصاویر رقمی دانه‌های برنج با رقم آنها همبستگی معنی‌داری وجود دارد؟
- 2- بیش‌ترین تمایز بین ارقام مربوط به کدام ویژگی‌ها است؟
- 3- آیا شناسایی ارقام متداول برنج در ایران با استفاده از روش‌های آماری و شبکه‌ی عصبی مصنوعی طراحی شده بر اساس ویژگی‌های اصلی امکان‌پذیر است؟

1-7- اهداف پژوهش

- 1- استخراج ویژگی‌های رنگی، مورفولوژیکی و بافتی ارقام متداول برنج در ایران
- 2- تعیین مؤثرترین مؤلفه‌ها در تمییز ارقام
- 3- دسته‌بندی ارقام با استفاده از روش‌های آماری بر اساس مؤلفه‌های مؤثر
- 4- شناسایی ارقام با استفاده از یک شبکه‌ی عصبی طراحی شده بر اساس مؤلفه‌های اصلی.

1-8- پیشینه‌ی پژوهش

چاگول² و همکاران (2014a) برای دسته‌بندی چهار رقم شلتوک ویژگی‌های شکلی و رنگی آنها را ارزیابی کرده‌اند. برای این کار چهار رقم شلتوک که حاوی مواد زاید بودند تهیه شده بود. آنها از دوربین دیجیتالی 18/9 مگاپیکسلی مدل Sony و صفحه‌ی پارچه‌ای سیاه رنگ به عنوان پس‌زمینه استفاده کرده و تصاویر را از فواصل مختلفی گرفته بودند. برای هر تصویر تعدادی دانه به صورت تصادفی انتخاب کرده و روی پس-زمینه چیده می‌شد؛ به طوری که دانه‌ها جدا از هم باشند. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB عملیات پیش‌پردازش تصاویر، قطعه‌بندی و استخراج ویژگی‌ها را انجام داده‌اند. 53 ویژگی، شامل 44 ویژگی شکلی و 9 ویژگی رنگی استخراج شده بود. دو دسته از توصیف‌گرهای ناحیه‌ای شامل توصیف‌گرهای اساسی (ویژگی‌های هندسی) و توصیف‌گرهای آماری (ویژگی‌های شکلی) تعریف شده توسط گشتاورها را استخراج کرده‌اند؛ به طوری که هشت

¹ Braspenning & Thuijsman

² Chaugule & Mali

ویژگی هندسی، پنج فاکتور شکلی، ده گشتاور استاندارد، هفت گشتاور مرکزی، هفت گشتاور ثابت و هفت گشتاور مرکزی نرمال شده از تصاویر استخراج شده است. ویژگی‌های هندسی شامل مساحت، محیط، طول محور بزرگ، طول محور کوچک، نسبت محورها و فشردگی و ویژگی‌های رنگی شامل میانگین، انحراف معیار و واریانس سه مؤلفه‌ی رنگی R ، G و B بودند. دسته‌بندی الگوها با استفاده از یک شبکه‌ی عصبی پس‌خور با ناظر، که یک لایه‌ی پنهان با 20 نرون داشت، انجام شده‌است. شبکه را با استفاده از تابع آموزشی لونیبرگ - مارکوات¹ آموزش داده بودند. دقت دسته‌بندی با استفاده از ویژگی‌های رنگی برابر با $1/63$ ، $1/81$ ، $9/90$ و $2/72$ به دست آمده‌است. دقت دسته‌بندی ویژگی‌های شکلی $82/3$ ، $96/3$ ، $90/4$ و $93/6$ شده است. در دسته‌بندی ارقام با استفاده از ترکیب ویژگی‌های رنگی و شکلی مقادیر دقت را به صورت $2/83$ ، $9/98$ ، $5/94$ و $6/87$ به دست آورده‌اند. بنابراین دقت ویژگی‌های رنگی کمتر از دقت ویژگی‌های شکلی مشاهده شد.

فیاضی و همکاران (1393) به شناسایی و طبقه‌بندی سه رقم برنج ایرانی (فجر، شیرودی و طازم‌محلی) با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیکی پرداختند. آنها نمونه‌ها را از مراکز فروش برنج در شهر ساری تهیه کردند؛ به طوری که همه‌ی نمونه‌های مربوط به هر رقم از یک مزرعه‌ی خاص بودند و پس از شالیکوبی هر رقم، از قسمت میانی محصول اخذ شده از کارخانه‌ی شالیکوبی به صورت تصادفی نمونه‌گیری شده‌است تا از عدم تداخل هر رقم با ارقام دیگر اطمینان حاصل شود. از هر رقم 222 تصویر به صورت توده‌های مخلوط (ولی با دانه‌های جداگانه) از فاصله‌ی ثابت و تحت شرایط نورپردازی یکسان در حالی که همه‌ی نمونه‌ها رطوبت یکسانی داشتند گرفته‌اند. مدل دوربین مورد استفاده Sony بوده و هنگام تصویربرداری از بزرگ‌نمایی $4X$ استفاده شده‌است تا نمونه‌ها میدان دید دوربین را بپوشانند. یک جعبه‌ی مکعبی شکل برای تصویربرداری استفاده شده‌است که داخل آن کاملاً سیاه رنگ بوده و درب آن هنگام تصویربرداری بسته می‌شد تا از ورود نور محیط به داخل آن و ایجاد سایه جلوگیری شود. دو لامپ فلورئوسنت میله‌ای در دو طرف جعبه و در مجاورت سقف جعبه نصب شده بود. در وسط سقف نیز سوراخی وجود داشت که لنز دوربین را روی آن قرار داده بودند و بدین ترتیب تصویربرداری بدون هرگونه دخالت نوری از خارج انجام می‌شد. در این مطالعه پس از تصویربرداری، پس‌زمینه کاملاً یکنواخت نبود و نقاط سفیدرنگی در پس‌زمینه دیده می‌شد که به دلیل سفید بودن رنگ دانه‌های برنج در آستانه‌یابی برای قطعه‌بندی تصویر ایجاد مشکل می‌نمود. لذا قبل از دودویی کردن تصاویر از فیلتر میانگین برای یکنواخت‌تر شدن پس‌زمینه‌ی تصاویر استفاده شد. پس از قطعه‌بندی تصاویر، ویژگی‌های مورفولوژیکی دانه‌ها استخراج شد. برای استخراج این ویژگی‌ها الگوریتم‌هایی در نرم‌افزار MATLAB نوشته بودند. روش‌های ضریب فیشر، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)² و ترکیب این دو روش برای انتخاب ویژگی‌های دارای بیش‌ترین نقش در شناسایی و تفکیک ارقام استفاده شده‌است؛ زیرا ویژگی‌های زیاد علاوه بر افزایش زمان، به دلیل استفاده از ویژگی‌های نامربوط یا اضافی ممکن است منجر به دسته‌بندی اشتباه شود. روش ضریب فیشر یک ترکیب خطی از متغیرها را پیدا می‌کند تا بتواند دو دسته را هر چه بهتر توسط یک خط از هم جدا کند.

¹ Levenberg-Marquart

² Principal Component Analysis

معیاری که توسط فیشر ارائه شده است نسبت واریانس درون کلاسی به واریانس بین کلاسی است. روش ضریب فیشر با استفاده از دستور *fisher filtering* در نرم افزار TANAGRA اجرا شد که ویژگی‌ها به ترتیب زیر رتبه بندی شدند: گشتاور اول، گشتاور دوم، قطر فرت¹، محیط، گشتاور پنجم، گشتاور ششم، گشتاور سوم، گشتاور چهارم، گردی²، فاصله از مرکز³، وسعت⁴، مساحت، رعنائی⁵، طول محور بزرگ، طول محور کوچک، استحکام⁶ و قطر. برای شناسایی ارقام و طبقه بندی آنها از شبکه‌ی عصبی LVQ4 استفاده شده است. داده‌های موجود به طور تصادفی به دو دسته‌ی آموزشی، برابر با 80٪ کل داده‌ها، و مجموعه‌ی آزمونی، برابر با 20٪ کل داده‌ها، تقسیم شده‌اند. نحوه‌ی کار شبکه‌ی عصبی LVQ بر اساس تقسیم فضای ورودی به تعدادی منطقه‌ی متمایز از هم به نام ناحیه‌های تصمیم‌گیری و اختصاص یک بردار کد به هر یک از آنها است. طبقه بندی بر حسب نزدیکی بردار ورودی به بردار کدها انجام می‌شود. بردار ورودی متعلق به کلاس نزدیک‌ترین بردار کد خواهد بود. الگوریتم تا وقتی که ناحیه‌های تصمیم‌گیری و مرکزهای آنها ثابت شوند ادامه می‌یابد. در حال حاضر شش الگوریتم برای آموزش شبکه‌ی عصبی LVQ وجود دارد که از الگوریتم LVQ4 به جهت بالا بودن کارایی آن استفاده شده است. نتایج حاصل از مقایسه‌های آماری در سطح احتمال 5٪ بین ویژگی‌های استخراج شده از سه رقم برنج مورد مطالعه نشان داده است که رقم شیروودی و طارم بیش‌ترین تفاوت را با یکدیگر دارند؛ زیرا تمام ویژگی‌های آنها غیر از طول محور کوچک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند؛ بنابراین این دو رقم قابلیت تفکیک خوبی دارند. اما تنها نه ویژگی در مقایسه‌ی رقم‌های فجر- طارم و فجر- شیروودی معنی‌دار شده‌اند که این امر تفکیک آنها را می‌تواند همراه با اشتباه نماید. روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی نسبت به دو روش دیگر یعنی روش ضریب فیشر و ترکیب این دو روش خطای کمتری در مرحله‌ی آموزش و آزمون شبکه‌ی عصبی داشت. همچنین به ازای درصدهای مختلفی از مجموعه داده‌ها اقدام به آموزش شبکه‌ی عصبی و سپس آزمون آن با بقیه‌ی داده‌ها شده است. نتایج این بررسی نشان داده است که هر قدر درصد انتخاب بردارهای کد از فضای نمونه‌های ورودی بیش‌تر باشد دقت شناسایی افزایش و خطای آن کاهش می‌یابد. به علاوه تعداد تکرارهای آموزش نیز کمتر می‌شود؛ لذا زمان آموزش کاهش می‌یابد. از این‌رو در این مطالعه 95٪ از فضای نمونه‌های ورودی به عنوان بردارهای کد انتخاب شده‌بود. بعد از پیدا کردن مقادیر بهینه‌ی پارامترهای شبکه از طریق آزمون و خطا، شبکه‌ی عصبی پس از 20 تکرار مجموعه داده‌های آموزشی را به طور کامل یاد گرفته و مقدار خطا به صفر رسیده بود که به معنی اتمام مرحله‌ی آموزش شبکه است. دقت شناسایی هر یک از ارقام در مرحله‌ی آزمون شبکه به ترتیب برابر با 98/87٪، 100٪ و 100٪ حاصل شده است. لذا شبکه‌ی عصبی آموزش دیده توانسته است با دقت میانگین 99/70٪ سه رقم مذکور را شناسایی نماید. بنابراین مقدار خطای میانگین شبکه 0/3٪ شده است که بیانگر بهینه بودن پارامترهای شبکه است. طبق نتایج به دست آمده از شناسایی ارقام در توده‌های مخلوط دو رقم،

¹ Feret diameter

² Roundness

³ Eccentricity

⁴ Extent

⁵ Aspect ratio

⁶ Solidity

ارقام فجر و شیرودی با دقت 100٪ و 100٪، ارقام طارم و شیرودی با دقت 100٪ و 100٪، ارقام فجر و طارم با دقت 97/62٪ و 95/74٪ شناسایی شده‌اند.

گلیپور و همکاران (2014) از شبکه‌ی عصبی برای شناسایی و دسته‌بندی پنج رقم برنج به نام‌های فجر، خزر، ندا، شیرودی و طارم محلی در سه حالت شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید بر اساس ویژگی‌های رنگی استفاده کردند. شلتوک‌ها از معاونت مؤسسه‌ی تحقیقات برنج کشور در آمل تهیه شده‌اند. همه‌ی مواد زاید و دانه‌های شکسته را از نمونه‌ها جدا کرده و سپس حدود 2/5 کیلوگرم از هر رقم شلتوک جدا کرده و در کیسه‌های پلی‌اتیلنی دولایه قرار داده‌اند و تا شروع تهیه‌ی تصاویر در دمای 5°C در یک یخچال گذاشته‌اند؛ در حالی که محتوای رطوبتی نمونه‌ها بین 10 تا 11 درصد بر پایه‌ی خشک بود. پوست‌کنی و سفیدکنی بقیه‌ی شلتوک‌ها با استفاده از پوست‌کن آزمایشگاهی مدل THU35 و سفیدکن مدل Setekka انجام داده‌اند. تصاویر ارقام در سه حالت (شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید) با استفاده از یک اسکنر مدل hp با قدرت تفکیک 300dpi¹ تهیه شده‌است؛ به طوری که تصاویر در ابعاد 540×390 پیکسل و در فرمت bmp به صورت توده بودند. در مجموع 1350 تصویر تهیه شده بود (30 تصویر برای هر حالت از هر رقم در سه تکرار). با استفاده از الگوریتم طراحی شده در نرم‌افزار MATLAB و بر اساس مدل‌های رنگی RGB، HSV و HSI مقادیر میانگین، واریانس، انحراف معیار و دامنه برای نه مؤلفه‌ی رنگی استخراج شده بود. بنابراین سی‌وشش ویژگی رنگی از تصاویر به دست آورده‌اند. یک شبکه‌ی عصبی چندلایه‌ی پیشرو با الگوریتم پس‌انتشار طراحی شده و از الگوریتم لئونبرگ - مارکواریت پس‌انتشار برای آموزش شبکه استفاده شده‌است. شبکه‌ی عصبی بهینه را با خطای نهایی 0/01 و نرخ یادگیری 0/08 آموزش داده‌اند. آموزش و آزمون شبکه با 400 تکرار اجرا شده و سپس با استفاده از یک مجموعه‌ی دیگر از داده‌ها ارزیابی شده‌است. ویژگی‌های مهم با استفاده از تحلیل stepdisc در نرم‌افزار SAS انتخاب شده و به عنوان ورودی‌های شبکه‌ی عصبی استفاده شده‌اند. میانگین دقت دسته‌بندی شبکه‌ی عصبی با ساختار 5-24-36 دارای یک لایه‌ی پنهان برای حالت شلتوک 93/3٪ حاصل شده‌است. بعد از آموزش شبکه‌ی عصبی تابع فعال‌سازی logsig با تابع انتقال purelin در خروجی بهترین ساختار را ارائه کرده‌بود. میانگین دقت دسته‌بندی برای حالت قهوه‌ای 98/9٪ با تابع فعال‌سازی logsig و تابع انتقال tansig در خروجی با توپولوژی 5-7-36 به دست آمده‌است. دقت دسته‌بندی شبکه‌ی عصبی مورد استفاده برای حالت سفید 100٪ با توپولوژی 5-5-36 بوده‌است. بنابراین نتایج دسته‌بندی برای حالت سفید بهتر از نتایج حالت قهوه‌ای و شلتوک بود.

موسوی‌راد و همکاران (2012) به ارزیابی توانایی یک دسته‌بند ترکیبی در شناسایی پنج رقم برنج با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیکی بهینه پرداخته شده‌است. تصاویر دانه‌ها با استفاده از یک اسکنر با قدرت تفکیک 600P تهیه شده‌است. در هر تصویر 100 دانه چیده شد. استفاده از یک پس‌زمینه‌ی سیاه، امکان جداسازی dpi

¹ dot per inch



**Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources
Department of Biosystem Engineering**

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of
M.Sc. in Mechanics of Biosystem Engineering**

Title:

**Study of feasibility for discrimination of common varieties of Iranian rice
with digital image processing and computational intelligence**

Supervisor:

Yousef Abbaspour-Gilandeh (Ph.D.)

Advisors:

Vali Rasooli-Sharabiani (Ph.D.)

Fatemeh Rahimi-Ajdadi (M.A.)

By:

Amir Molaee

September – 2015