# طبقه بندی ارقام سیب زمینی بر اساس چقرمگی بوسیله شبکه عصبی مصنوعی و روش LDA

علی خرمی فر [۱] , منصور راسخ [۲*] , حامد کرمی [۱] , عارف مردانی کرانی [۳]

۱- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۲*- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۳- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*ایمیل نویسنده مسئول: m_rasekh@uma.ac.ir

تاریخ دریافت : ۱۴۰۰/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۷/۱۷

**چکیده**

در پاسخگویی به یکی از بزرگ ترین چالش های قرن حاضر یعنی برآورد نیاز غذایی جمعیت در حال رشد، تکنولوژی های پیشرفته‌ای در کشاورزی کاربرد پیدا کرده است. سیب زمینی، یکی از مواد غذایی اصلی در رژیم غذایی مردم جهان است. لذا مطالعه روی جنبه‌های مختلف آن، از اهمیت زیادی برخوردار است. به دلیل تعدد زیاد واریته های این محصول و برخی مواقع عدم آشنایی احدهای فرآوری با ارقام آن و نیز وقت گیر بودن و عدم دقت زیاد در شناسایی ارقام مختلف سیب زمینی توسط کارشناسان و زارعین، و اهمیت شناسایی ارقام سیب زمینی و نیز سایر محصولات کشاورزی در هر مرحله از پروسه‌ی صنایع غذایی، نیاز به روش هایی برای انجام این کار با دقت و سرعت کافی، ضروری می باشد. این مطالعه با هدف استفاده از خواص مکانیکی همراه با روش های کمومتریکس از جمله LDA و ANN به عنوان یک روش سریع و ارزان برای تشخیص ارقام مختلف سیب زمینی انجام شد. در پژوهش حاضر ، از دستگاه سنتام موجود در دانشگاه محقق اردبیلی جهت تعیین خواص مکانیکی استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده برای تشخیص رقم با روش های مذکور دقت روشهای LDA و ANN بالای ۷۰ ٪ به دست آمد.

**کلمات کلیدی**

"سیب زمینی "، "چقرمگی"، "شبکه عصبی مصنوعی"، "طبقه بندی" ، "LDA"

## ۱- مقدمه

سیب زمینی گیاهی است مهم که در سراسر جهان رشد می کند و به عنوان یک محصول مهم در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته برای رژیم غذایی انسان به عنوان یک منبع کربوهیدرات، پروتئین، و ویتامینها به حساب می آید. این محصول بومی آمریکای جنوبی و اصل آن از کشور پرو می باشد و پس از گندم، برنج و ذرت، چهارمین محصول در سبد غذایی جوامع بشری است. طبق آمار سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد سطح زیر کشت این محصول در ایران در سال ۲۰۱۷، ۱۶۱ هزار هکتار بوده است و محصول برداشت شده از این سطح حدود ۵,۱ میلیون تن می باشد. روش‌های سنتی در تعیین واریته ی سیب زمینی بیشتر مبتنی بر شاخصه‌های ریخت‌شناسانه بود، اما با تولید محصولات جدید، نیاز به روش‌های احساس شد که سریع‌تر و دارای قدرت تشخیص بیشتری باشند. در این بین شبکه عصبی مصنوعی با کارایی بالا می تواند در طبقه بندی ارقام بکار رود. شبکه عصبی مصنوعی می تواند کلاس بندی و تشخیص رقم را انجام داده، انعطاف پذیر بوده و در اکثر محصولات کشاورزی بکار می رود. (Przybył, 2015) دو رقم سیب زمینی Vineta و Denar را با استفاده از روش پردازش تصویر و شبکه عصبی مصنوعی مطالعه کرده و به این نتیجه رسیدند که می توان ارقام سیب زمینی را تشخیص و طبقه بندی کرد. این تحقیق با بکارگیری ۴ ویژگی هندسی، ۷ عامل جانبی و ۲۹ پارامتر تعیین کننده رنگ انجام شد و از بین این ها ۱۰ عامل بیشترین تاثیر را در تشخیص ارقام داشتند. حالت بهینه شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده برای تشخیص این دو رقم ۲-۵۱-۱۸ بود. (Azizi, 2016) تحقیقی را بر روی ۱۲۰سیب زمینی در ۱۰رقم مختلف با استفاده از ماشین بینایی و پردازش تصویر با تولباکس نرم افزار متلب R2012 جهت تشخیص بافت، پارامترهای شکل و ارقام سیب زمینی انجام دادند. ابتدا طبقه بندی رقم های سیب زمینی با استفاده از روش LDA انجام شد که دقت این روش برابر ۶۶,۷ درصد به دست آمد. همچنین این روش در تشخیص دو رقم آگریا و ساوالان دچار اشتباه شد و همچنین دو رقم فونتانه و ساتینا را در کلاس های دیگر طبقه بندی کرد. آن ها همچنین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، طبقه بندی ارقام سیب زمینی را انجام دادند که در این خصوص شبکه با یک لایه پنهان دقت ۸۲,۴۱ درصدی و با دو لایه پنهان دقت ۱۰۰ درصدی داشت. در این تحقیق مشخص گردید که انواع مختلف سیب زمینی را می توان با سطح دقت بسیار بالا با استفاده از ویژگی های سه گانه رنگ، ویژگی های بافتی و مورفولوژیکی استخراج شده توسط ماشین بینایی و بکارگیری یک شبکه عصبی مصنوعی طبقه بندی کننده غیرخطی، شناسایی و طبقه بندی کرد. در تحقیقی دیگر (Mercurio, 2019) که با استفاده از شبکه عصبی و پردازش تصویر روی ۵ رقم سیب زمینی شیرین انجام شد، محققین نشان دادند که این روش موفقیت آمیز بوده و می تواند ارقام سیب زمینی شیرین را با دقت ۱۰۰ درصد طبقه بندی کند. با تعیین و بررسی روابط موجود بین نیرو و تغییرشکل محصولات کشاورزی تا نقطه تسلیم می توان محدوده نیروهای آسیب رسان به میوه را مشخص کرد تا ماشین های برداشت و حمل و نقل به گونه ای طراحی شوند که نیروهای وارده از آن ها بیشتر از این محدوده نباشد. از طرفی یکی از راه های تشخیص میزان رسیدگی میوه لمس و فشار دادن آن با انگشت شصت است که راهی تجربی بوده و بستگی به میزان مهارت شخص لمس کننده دارد (Reddy & Singh, 2006). آزمون نفوذ مکانیکی میوه می تواند با کمی کردن این تشخیص شاخصی

برای بررسی میزان رسیدگی میوه باشد و با استفاده از این تشخیص زمان مطلوب برداشت را تعیین نمود (USDA, 2003). تحقیقات متعددی در خصوص خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی در ایران و سایر کشورها انجام شده است. در تحقیقی که توسط علی محمدی و راسخ (۱۳۲۱) برای تعیین برخی خواص مکانیکی میوه لیموترش در بارگذاری شبه استاتیکی انجام شد، نتایج نشان داد که اثرسرعت بارگذاری، جهت بارگذاری و اندازه لیموترش بر نیروی گسیختگی لیموترش معنی دار است. با کوچکتر شدن اندازه لیمو نیروی گسیختگی و تغییر شکل کاهش می یابد و همچنین با افزایش سرعت بارگذاری، نیروی گسیختگی افزایش می یابد. در پژوهشی دیگر که توسط موحد نژاد و خوش تقاضا (۱۳۲۰) انجام گردید، اثر اندازه، سرعت و جهت بارگذاری بر خواص مکانیکی لیموترش بررسی شد و نتایج نشان داد که اثر متقابل سرعت بارگذاری و اندازه در انرژی شکست و چقرمگی و اثرات اصلی اندازه، سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری بر مدول الاستیسیته معنی دار است اما هیچ یک از اثرات بر نیروی گسیختگی معنادار نیست. آبوت و لو (۱۹۹۶) آزمایشاتی را برای تعیین رسیدگی، جهت و موقعیت نمونه گیری بر روی چهار خاصیت مکانیکی تنش گسیختگی، کرنش گسیختگی، انرژی گسیختگی و ضریب الاستیسیته ظاهری سه رقم سیب انجام دادند. نتایج آزمایشات نشان داد که اثر متقابل رقم × موقعیت معنی دار نبوده است. در یک مطالعه، عالمی و همکاران (۱۳۸۸) خواص مکانیکی ۳ رقم دانه سویا در بارگذاری شبه استاتیک در ۳ سطح رطوبتی و ۳ سطح دمایی را بررسی کردند و نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت از ۱۰ درصد به ۱۴ درصد، مقدار نیرو و انرژی گسیختگی به ترتیب از ۴۷،۵ نیوتن و ۱۰میلی ژول به ۸۲ نیوتن و ۵۶ میلی ژول افزایش پیدا کرده است. همچنین اسدزاده و همکاران (۱۳۹۱) با مطالعه اثر رطوبت، جهت و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی پنبه دانه رقم ورامین، دریافتند که رطوبت و جهت بارگذاری در سطح احتمال ۱ درصد بر کلیه خواص مکانیکی اثر معنی دار دارند و با افزایش رطوبت، تغییر شکل در نقطه گسیختگی کاهش می یابد. در تحقیقی که نوری جنگی و همکاران (۲۰۱۱) بر روی مقایسه خواص مکانیکی دو رقم نصرت و کویر دانه جو انجام دادند، نتایج نشان داد با افزایش محتوای رطوبتی از ۷/۳ درصد به ۲۱/۶ درصد برای رقم نصرت و از ۶/۷ درصد به ۲۱/۲ درصد برای رقم کویر، نیروی گسیختگی کاهش می یابد. در پژهش دیگر توسط توکلی و همکاران (۲۰۰۹) اثر رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه دانه بر مقاومت شکست دانه جو بررسی شد و معلوم گردید بیشترین انرژی گسیختگی دانه در رطوبت ۲۱/۵۸ درصد و تحت بار افقی با سرعت ۵ میلیمتر بر دقیقه و کمترین آن در رطوبت ۷/۳۴ درصد تحت بار عمودی و با سرعت ۱۰ میلیمتر بر دقیقه می باشد.

## ۲- روش انجام تحقیق

### • تهیه نمونه

ابتدا سیب زمینی ها در ۵ رقم مختلف (آگریا، اسپریت، سانته، مارفونا و جلی) از مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل تهیه و در دمای ۴-۱۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. یک روز پس از تهیه ارقام، ابتدا با استفاده از استوانه برش ۲۱ نمونه از هر رقم سیب زمینی تهیه و سپس داده برداری انجام شد داده برداری ها شامل خواص مکانیکی بود.

**شکل ۱- برش و آماده سازی نمونه سیب زمینی جهت انجام آزمایش**

### • تعیین میزان چقرمگی

جهت تعیین میزان چقرمگی نمونه ها از دستگاه سنتام موجود در آزمایشگاه خواص مکانیکی گروه مهندسی بیوسیتم دانشگاه محقق اردبیلی استفاده شد. هر رقم سیب زمینی، در سه سطح سرعت بارگزاری ۱۰ ، ۴۰ و ۷۰ میلیمتر بر دقیقه و با ۷ تکرار تحت نیروی فشاری قرار گرفت. سپس با استفاده از میزان نیروی گسیختگی، تغییر شکل و نیز حجم نمونه میزان چقرمگی مطابق رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$KIc=F.d/\pi r2h \quad (۱)$$

که در آن:

KIc = چقرمگی (MPa)

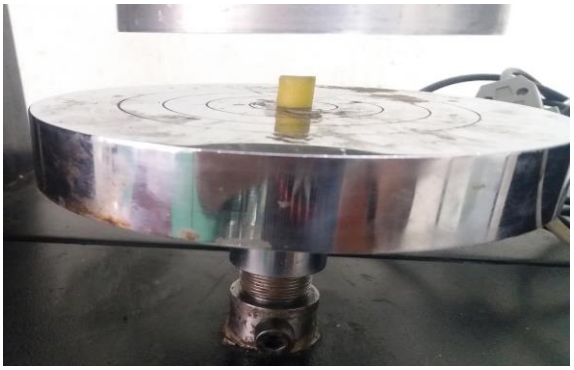
F = نیروی گسیختگی (N)

d = تغییر شکل (mm)

r = شعاع نمونه (mm)

h = ارتفاع نمونه (mm)

می باشند.

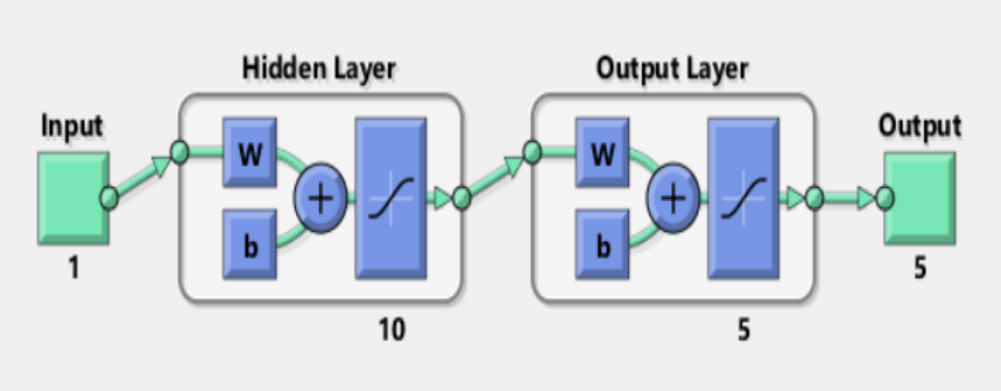


**شکل ۲- قرارگیری نمونه سیب زمینی در دستگاه جهت اعمال نیروی فشاری**

**شکل ۳- گسیختگی نمونه سیب زمینی بعد از اعمال نیروی فشاری**

- **آنالیز داده ها**

در مرحله بعد برای طبقه بندی ۵ رقم سیب زمینی از تجزیه و تحلیل تشخیصی خطی (LDA) و شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) استفاده شد. LDA یک روش تحت نظارت است که برای یافتن متمایزترین بردارهای ویژه استفاده می شود و نسبت واریانس بین کلاس و درون کلاس را به حداکثر می رساند و قادر به طبقه بندی دو یا چند گروه از نمونه ها است. برای یافتن شباهت ها و تفاوت ها در طبقه بندی ارقام سیب زمینی از ANN و تشخیص الگو استفاده شد، برای این امر ۱ نرون برای لایه ورودی در نظر گرفته شد، لایه پنهان با تعداد نورون بهینه در نظر گرفته خواهد شد و پنج نورون خروجی با توجه به تعداد کلاس های خروجی هدف در نظر گرفته خواهد شد. در آموزش شبکه از تابع انتقال سیگموئید لگاریتمی و روش یادگیری لونبرگ مارکورات استفاده شد (شکل ۴)، همچنین مقدار خطا با استفاده از میانگین خطای مربع محاسبه شد. برای یادگیری (۷۰٪) ، تست (۱۵٪) و اعتبار سنجی (۱۵٪) کل داده ها به طور تصادفی انتخاب شدند. داده های آموزش در طول آموزش به شبکه ارائه می شد و شبکه با توجه به خطای آنها تنظیم می شد. از اعتبار سنجی برای اندازه گیری تعمیم شبکه و به پایان رساندن آموزش استفاده شد. آزمایش داده ها هیچ تأثیری در آموزش نداشت و بنابراین اندازه گیری مستقلی از عملکرد شبکه در حین و بعد از آموزش ارائه داد.




**شکل ٤- لایه های پنهان و خروجی بکار رفته در شبکه عصبی مصنوعی**

تمام محاسبات و طبقه بندی ماتریس با استفاده از نرم افزار MATLAB R2018a و Unscrambler X 10.4 انجام شد.

## ۳- نتایج

- **نتایج تجزیه و تحلیل واریانس میزان چقرمگی ارقام سیب زمینی**

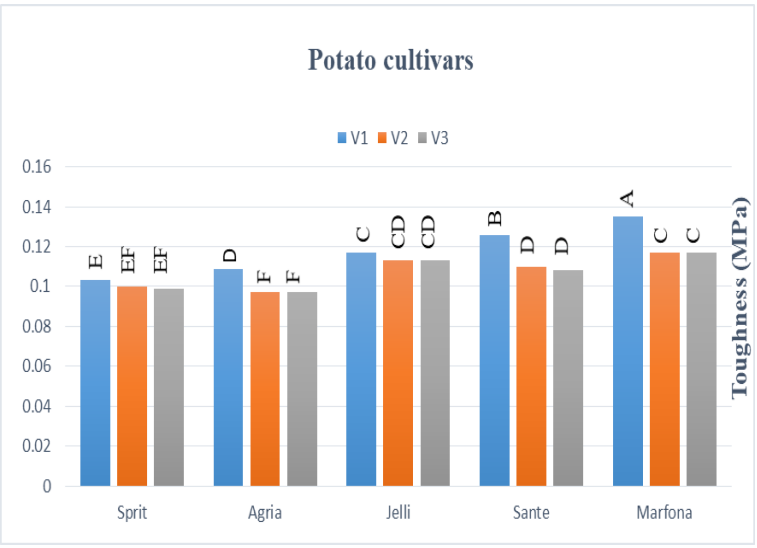
میزان چقرمگی در ۵ رقم مختلف سیب زمینی با استفاده از دستگاه سنتام و رابطه ۱ به دست آمد. مقادیر بدست آمده برای میزان چقرمگی ۵ رقم سیب زمینی با استفاده از نرم افزار Mstatc تجزیه و تحلیل شد و نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است :

**جدول ۱- تجزیه واریانس چقرمگی ارقام سیب زمینی**

| منابع | درجه آزادی | میانگین مربعات |
|---|---|---|
| رقم (C) | ۴ | ۰,۰۰۲ ** |
| سرعت بارگذاری (V) | ۲ | ۰,۰۰۱ ** |
| C * V | ۸ | ۰,۰۰۰ ** |
| خطا | ۹۰ | ۰,۰۰۰ |
| کل | ۱۰۴ | |

** معنی داری در سطح ۱ درصد می باشد.

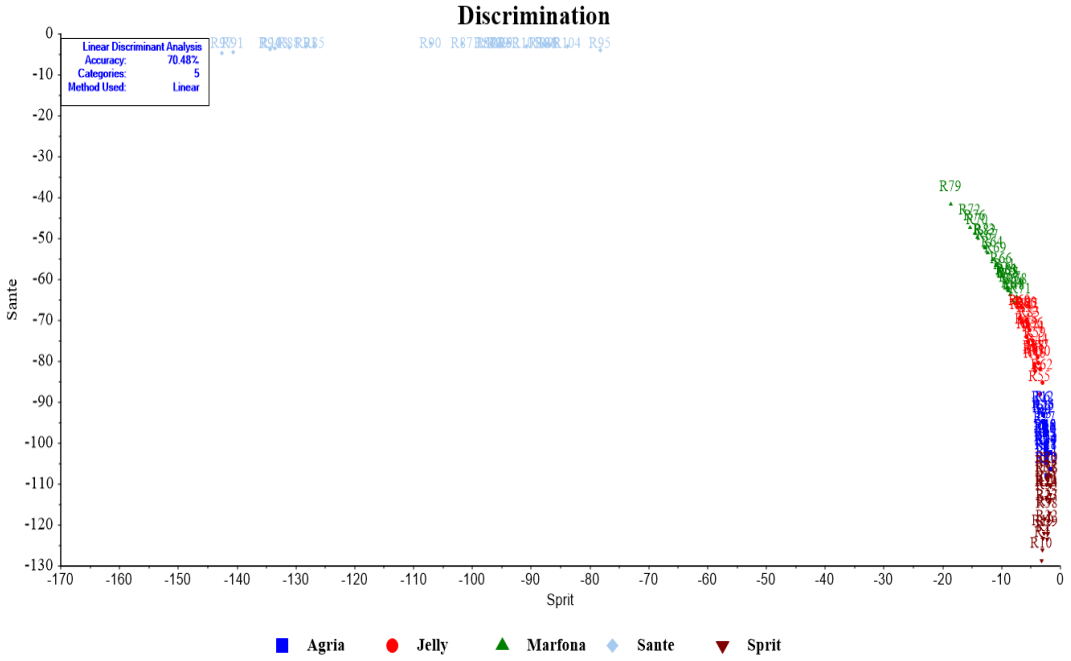
نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای میزان چقرمگی ۵ رقم مختلف سیب زمینی در سطح ۱ درصد معنی دار بوده و ضریب تغییر آن ۲,۲۸ به دست آمد.




**شکل ۵- نتایج آزمون مقایسه میانگین دانکن برای چقرمگی**

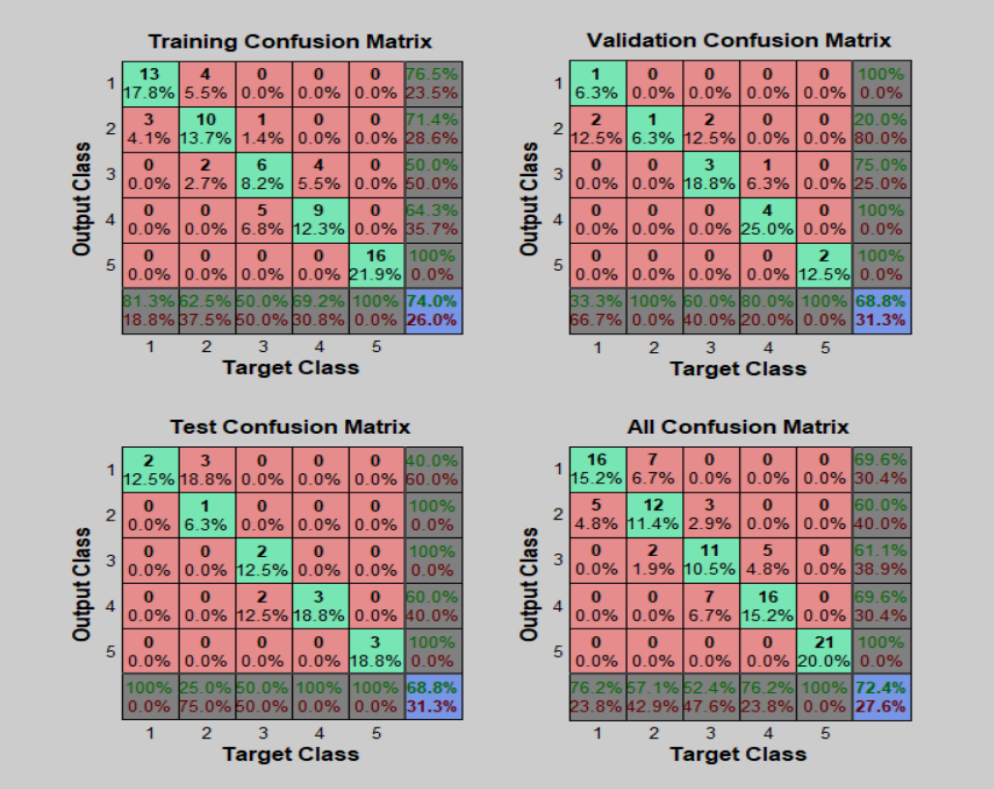
- **نتایج LDA و ANN**

برای تشخیص ارقام سیب زمینی بر اساس مقادیر محاسبه شده برای چقرمگی، از روش LDA و ANN استفاده شد. نتایج تشخیص ارقام با استفاده از LDA برابر با ۷۰,۴۸ ٪ به دست آمد (شکل ۶).




**شکل ٦- دقت تشخیص رقم با استفاده از LDA**

همچنین در روش ANN در لایه ورودی ۱ نرون و برای لایه خروجی با توجه به تعداد ارقام ۵ لایه نرون در نظر گرفته شد. که دقت این روش نیز با توجه به ماتریس اغتشاش (سلولهای مورب با مشاهدات طبقه بندی شده درست و غیر مورب با مشاهدات طبقه بندی شده نادرست مطابقت دارند) برابر با ۷۲,۴ درصد بود (شکل ۷).




**شکل ۷- دقت تشخیص رقم با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی**

(Ayari, 2018) نتایج مشابهی را برای تشخیص اکسیداسیون در روغن های حیوانی و گیاهی گزارش کردند. همچنین این نتایج مشابه با پژوهشی (Yu, 2008) در مورد طبقه بندی چای سبز بر اساس داده های ارائه شده توسط بینی الکترونیکی بود.

## ٤- نتیجه‌گیری

در این پژوهش میزان چقرمگی برای ۵ رقم مختلف سیب زمینی با استفاده از دستگاه سنتام موجود در دانشگاه محقق اردبیلی و به کمک رابطه ۱ محاسبه گردید. روش های کمومتریکس از جمله LDA و ANN برای تحلیل کیفی و کمی داده ها جهت شناسایی و طبقه بندی ارقام سیب زمینی مورد استفاده قرار گرفت. بطوریکه LDA و ANN قادر به شناسایی و طبقه بندی دقیق ارقام مختلف سیب زمینی با دقت بالای ۷۰ درصد شدند. میزان چقرمگی بدست آمده این توانایی را دارد که به عنوان روشی جهت تشخیص ارقام مختلف سیب زمینی استفاده شود. استفاده از این روش در شناسایی ارقام سیب زمینی برای کارخانجات مانند کارخانه چیپس و واحدهای فرآوری بسیار مفید خواهد بود و همچنین انتظار می رود که از روش های مشابه مرتبط با خواص مکانیکی مانند تردی و سفتی و به کمک روش های کمومتریکس جهت بهینه سازی تولید و فرآوری محصولات کشاورزی در صنایع غذایی بهره برده شود که منجر به مشتری پسندی بیشتری شده و علاوه بر آن کاهش ضایعات کشاورزی را نیز می تواند به همراه داشته باشد.

## منابع


- علی محمدی سراب، ف؛ راسخ، م، (۱۳۹۴)، تعیین نیروی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی لیموترش، مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار راهکارها و چالش ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست وگردشگری، ص ۷-۱.
- موحدنژاد، م،ه؛ خوش تقاضا، م، ه، (۱۳۹۰)، بررسی برخی خواص فیزیکی لیموترش جهرمی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۸، شماره (۲)۳۲. ص ۶۱
- عالمی، ه.، خوش تقاضا، م. ه.، مینایی، س. ۱۳۸۸ .تعیین خواص مکانیکی دانه سویا در بارگذاری شبه استاتیک، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۶ (۲) ،ص ۱۳۰-۱۲۴.
- اسدزاده، ع. ح.، راسخ، م.، افکاری سیاح، ا. ح. ۱۳۹۱ .اثر رطوبت، جهت و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی پنبه دانه (رقم ورامین)، هفتیمن کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، شیراز، دانشگاه شیراز.

- Al-Khashman, O. 2007. Determination of metal accumulation in deposited street dusts in Amman, Jordan, Environmental geochemistry and health, Vol. 5, P. 1-10.
- Abbott, J.A. and R.Lu. (1996). Anisotropic mechanical properties of apples. Trans. of the ASAE (1971):1451-1459.
- Borai, A. A., et al. 2001. Monitoring and statistical evaluation of heavy metals in airborne particulates in Cairo, Egypt, E. H. Chromatography, Vol. 10, P. 261–269.
- Nabi, G., Pardakhti, A. 2011. Comparative cancer risk assessment of THMs in drinking water from well water sources and surface water sources, Environ Monit Assess, Vol. 179, P. 499-507.
- IRIS. 2005. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, EPA.
- Kent, C. 1998. Basics of Toxicology.
- U.S-EPA. 2000. Exposure Factors Handbook. Office of environmental health and hazard assessment, Washington DC.
- Yongming, H. 2006. Multivariate analysisof heavy metal contamination in urban dusts of xi'an, Central China. The Science of the Total Environment, P. 176-186.
- Azizi, A.; Abbaspour-Gilandeh, Y.; Nooshyar, M.; Afkari-Sayah, A., Identifying Potato Varieties Using Machine Vision and Artificial Neural Networks. International Journal of Food Properties 2016, 19, (3), 618-635.
- Ayari, F.; Mirzaee- Ghaleh, E.; Rabbani, H.; Heidarbeigi, K., Detection of the adulteration in pure cow ghee by electronic nose method (case study: sunflower oil and cow body fat). International Journal of Food Properties 2018, 21, (1), 1670-1679.
- Bieganowski, A.; Józefaciuk, G.; Bandura, L.; Guz, Ł.; Łagód, G.; Franus, W., Evaluation of Hydrocarbon Soil Pollution Using E-Nose. Sensors 2018, 18, (8), 2463.
- Cooke, R. J., Gel electrophoresis for the identification of plant varieties. Journal of Chromatography A 1995, 698, (1), 281-299.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. In Rome, Italy, 2017.
- Jiarpinijnun, A.; Osako, K.; Siripatrawan, U., Visualization of volatomic profiles for early detection of fungal infection on storage Jasmine brown rice using electronic nose coupled with chemometrics. Measurement 2020, 157, 107561.

- Mercurio, D. I.; Hernandez, A. A. In Classification of Sweet Potato Variety using Convolutional Neural Network, 2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET), 7-7 Oct. 2019, 2019; 2019; pp 120-125.
- Navarre, D. A.; Goyer, A.; Shakya, R., Chapter 14 - Nutritional Value of Potatoes: Vitamin, Phytonutrient, and Mineral Content. In Advances in Potato Chemistry and Technology, Singh, J.; Kaur, L., Eds. Academic Press: San Diego, 2009; pp 395-424.
- Nouri Jangi, A., Mortazavi, S.A., Tavakoli, M., Ghanbari, A., Tavakolipour, H., Haghayegh, G.H. 2011, comparison of mechanical and thermal properties between two varieties (Hordeum Vulgare L.) grains. Australian Journal of Agricultural engineering. 2(5), p: 132-139.
- Przybył, K.; Górna, K.; Wojcieszak, D.; Czekała, W.; Ludwiczak, A.; Przybylak, A.; Boniecki, P.; Koszela, K.; Zaborowicz, M.; Janczak, D.; Lewicki, A. In The recognition of potato varieties using of neural image analysis method, Proc.SPIE, 2015; 2015.
- Singh, K. K., & Reddy, B. S. (2006). Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. Journal of food engineering, 73(2), 112-120.
- Tavakoli, H., Mohtasebi, S.S., Rajabipour, A., Tavakoli, M. 2009. Effects of moisture content, loading rate and grain orientation on fracture resistance of barley grain, Research Agricultural Engineering, 55 (3). p: 85-93
- USDA, (2003). Agricultural marketing service. Available at: <http://www.ams.usda. gov/AMSv1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5050384> (accessed 15.02.10).
- Yu, H.; Wang, J.; Yao, C.; Zhang, H.; Yu, Y., Quality grade identification of green tea using E-nose by CA and ANN. Lwt - Food Science and Technology 2008, 41, 1268-1273.

# Classification of potato cultivars based on Toughness coupled with ANN and LDA methods

**Ali Khorramifar[1]، Mansour Rasekh[*2]، Hamed Karami[1]، Aref Mardani Korani[3]**

1. Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[*]2. Department of Biosystems Engineering, Urmia University, Urmia, Iran

Email Address : m_rasekh@uma.ac.ir

**Abstract**

**Introduction**

Potato is an important vegetable that grows all over the world and is considered as an important product in developing and developed countries for human diet as a source of carbohydrates, proteins, and vitamins. This product is native to South America and its origin is from Peru, and after wheat, rice and corn, it is the fourth product in the food basket of human societies. According to the statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the area under cultivation of this crop in Iran in 2017 was 161 thousand hectares and the crop harvested from this area is about 5.1 million tons. Traditional methods of determining potato varieties were based more on morphological features, but with the production of new products, there was a need for methods that were faster and more recognizable. Meanwhile, high-performance artificial neural network can be used to classify cultivars. Artificial neural network can classify and detect cultivars, is flexible and is used in most agricultural products. Azizi conducted a study on 120 potatoes in 10 different cultivars using a visual and image processing machine with a MATLAB R2012 software toolbox to detect texture, shape parameters and potato cultivars. First, potato cultivars were classified using LDA method, which obtained 66.7% accuracy. This method also erred in distinguishing the two cultivars Agria and Savalan and also classified the two cultivars Fontane and Satina in other classes. They also used artificial neural networks to classify potato cultivars, in which the network was 82.41% accurate with one hidden layer and 100% accurate with two hidden layers. In this study, it was found that different types of potatoes can be identified and identified with a very high level of accuracy using the three color characteristics, textural and morphological features extracted by the visual machine and the use of a non-linear classifier artificial neural network. Categorized.By determining and examining the existing relations between the force and the deformation of agricultural products up to the point of surrender, the range of forces harmful to fruit can be determined so that harvesting and transportation machines are designed in such a way that the forces from them do not exceed this range. On the other hand, one of the ways to determine the degree of ripeness of the fruit is to touch and press it with the thumb, which is an experimental way and depends on the skill of the person touching. The mechanical penetration test of the fruit can be an indicator to check the ripeness of the fruit by quantifying this diagnosis and using this diagnosis to determine the optimal harvest time.

**Methodology**

First, 5 different potato cultivars were prepared from Ardabil Agricultural Research Center and kept at a temperature of 4-10 ° C. One day later, 21 samples of each potato cultivar were prepared using a cutting cylinder and then data were collected. To determine the toughness of the samples, the Centam device available in Mohaghegh Ardabili University was used. Each potato cultivar was subjected to compressive force at three levels of loading speed of 10, 40 and 70 mm / min with 7 repetitions. Then the amount of toughness was calculated according to Equation (1). Then linear diagnostic analysis (LDA) and artificial neural networks (ANN) were used to classify potato cultivars. LDA is a supervised method used to find the most distinctive special vectors, maximizing the ratio of variance between class and within the class, and being able to classify two or more groups of samples. ANN and pattern recognition were used to find similarities and differences in the classification of potato cultivars. For this, 1 neuron was considered for the input layer, the hidden layer with the optimal number of neurons will be considered and five output neurons with Depending on the number of output classes the target will be considered. In network training, the logarithmic sigmoid transfer function and Lunberg-Marquardt learning method were used (Figure 4), and the error value was calculated using the mean square error. For learning (70%), testing (15%) and validation (15%) all data were randomly selected. Training data was provided to the network during the training and the network was adjusted according to their error. Validation was used to measure network generalization and completion of training. Data testing had no effect on training and therefore provided an independent measurement of network performance during and after training. All of the calculations and matrix classification were performed using MATLAB R2018a and X 10.4 Unscrambler software.Toughness in 5 different potato cultivars was obtained using Centam machine and Equation

1. The values obtained for the toughness of 5 potato cultivars were analyzed using Mstatc software. The results of analysis of variance were significant for the toughness of 5 different potato cultivars at the level of 1% and its coefficient of variation was 2.28. LDA and ANN methods were used to detect potato cultivars based on the values calculated for toughness. Detection results of cultivars using LDA were equal to 70.48% (Figure 6). Also, the accuracy of ANN method according to the perturbation matrix was equal to 72.4% (Figure 7).

**Conclusion**

In this study, the amount of toughness for 5 different potato cultivars was calculated using Centam machine available in Mohaghegh Ardabili University with the help of Equation 1. Chemometrics methods including LDA and ANN were used for qualitative and quantitative analysis of data to identify and classify potato cultivars. Thus, LDA and ANN were able to identify and accurately classify different potato cultivars with an accuracy of over 70%. The obtained toughness has the ability to be used as a method to distinguish different potato cultivars. The use of this method in identifying potato cultivars will be very useful for factories such as chips factory and processing units, and it is also expected that similar methods related to mechanical properties such as crispness and stiffness with the help of chemometrics methods to optimize production and The processing of agricultural products should be used in the food industry, which has led to more customer friendliness and, in addition, can reduce agricultural waste.

**Keywords**

Potato; Toughness; Artificial neural network; Classification; LDA