

پیش‌بینی سینتیک فرآیند آبیگری اسمزی کدوی حلوایی به کمک ابزار هوشمند شبکه‌ی عصبی مصنوعی در حالت استاتیک

محسن مختاریان¹، مسعود شفافی زنونزبان^{2*}

¹عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، سبزوار، ایران

²استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: 1389/11/17 تاریخ پذیرش: 1390/2/20

چکیده

فرآیند آبیگری اسمزی کدوی حلوایی در دو سطح دمای (25 و 50 درجه‌ی سانتی‌گراد) و در غلظت‌های مختلف نمک طعام (5، 10 و 15 % وزنی/وزنی) و غلظت ثابت ساکارز (50 % وزنی/وزنی) انجام گرفت. نسبت وزنی میوه به محلول اسمزی 1 به 20 (وزنی/وزنی) انتخاب گردید. در این پژوهش، مقادیر کاهش آب و جذب مواد جامد توسط شبکه‌ی عصبی مصنوعی تخمین زده شد. برای پیش‌بینی داده‌ها از شبکه‌ی عصبی پرسپترون با الگوریتم بهینه‌سازی کاهش گرادیان¹ و با تابع آستانه‌ی تانژانت هیپربولیک استفاده گردید. نتایج، نشان داد که بهترین چیدمان در بین شبکه‌ی عصبی با یک لایه‌ی پنهان به ترتیب برای پارامترهای جذب مواد جامد² و کاهش آب³ شامل 2-10-1 و 2-18-1 و در بین شبکه‌ی عصبی با دو لایه‌ی پنهان به ترتیب برای پارامترهای جذب مواد جامد و کاهش آب شامل 2-6-6-1 و 2-22-22-1 می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیگری اسمزی، کدوی حلوایی، شبکه‌ی عصبی مصنوعی، پیش‌بینی، کاهش آب.

* مسوول مکاتبه: mshafafiz@gmail.com

1 - Gradient descent
2 - Solid gain (SG)
3 - Water loss (WL)

مقادیر بالایی از ویتامین های B₆، K، تیامین، ریوفلاوین و مواد معدنی نظیر پتاسیم، فسفر، منیزیم، آهن و سلنیوم می باشد (12). فرآیند اسمزی کدو حلوایی به عنوان یک تکنیک نوین برای حفاظت و تولید محصول جدید برای مصرف کننده می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در یک تحقیق محلول ساکارز برای آبیگری اسمزی هویچ، سیب و کدو حلوایی استفاده گردید. در میان این میوه ها کدو حلوایی بیشترین مقدار کاهش آب و کمترین جذب مواد جامد را نشان داد (7). در بررسی دیگر محلول شکر و نمک طعام به صورت مخلوط در آبیگری اسمزی کدو حلوایی سبز¹ مورد استفاده قرار گرفت. نتایج، نشان داد که سرعت آبیگری اسمزی با افزایش دما و غلظت محلول اسمزی افزایش می یابد (2). شفافی و همکاران در سال 2009 کاربرد شبکه‌ی عصبی و انتقال ریزموج را به صورت توام با هم بر روی آبیگری اسمزی کدو حلوایی مورد بررسی قرار دادند. در این روش از محلول های اسمزی سوربیتول، گلوکز و ساکارز برای آبیگری اسمزی استفاده گردید. نوع شبکه‌ی عصبی، شبکه چند لایه پیش رونده با 1-2 لایه‌ی پنهان که در لایه‌ی اول 10 تا 41 نرون و در لایه‌ی دوم 10 تا 31 نرون استفاده گردید. لایه‌ی ورودی زمان خشک کردن و ضرایب ریزموج بود و لایه‌ی خروجی دارای تغییرات رنگ، فاکتور شکل و نسبت رطوبت بود. نتایج، نشان داد که کمترین مقدار MRE% برای تغییرات رنگ و فاکتور شکل زمانی بود که از محلول های اسمزی گلوکز و سوربیتول برای مدل سازی شبکه استفاده شده بود (15).

هدف از این پژوهش ایجاد ارتباط بین متغیرهای مستقل موثر در فرآیند آبیگری اسمزی کدو حلوایی با شاخص های جذب مواد جامد و دفع آب در شرایط آزمایشگاهی و یافتن شبکه‌ی عصبی با توپولوژی مناسب به منظور پیش بینی متغیرهای مستقل در این فرآیند می باشد.

2- مواد و روش ها

2-1- آماده سازی ماده‌ی اولیه

برای انجام این آزمایش، کدوی حلوایی از بازار محلی خریداری و در طول مدت انجام آزمایش در سردخانه، نگه‌داری گردید.

خشک کردن مواد غذایی و مشخصاً میوه‌ها و سبزیجات از زمان‌های بسیار دور به عنوان راهی جهت افزایش عمر ماندگاری آنها معمول بوده و امروزه نیز به عنوان یکی از فرآیندهای مهم در صنایع غذایی مطرح می باشد. حفظ ارزش تغذیه‌ای و قابلیت و سرعت جذب آب مجدد محصول خشک شده دو پارامتری است که به عنوان شاخص کیفیت محصول مد نظر قرار می گیرند و هدف و هنر متخصصین صنایع غذایی ارائه و اجرای روش‌هایی است که به تولید محصول با کمترین تغییرات ناخواسته و با بهترین کیفیت از نظر ارگانولپتیکی و تغذیه‌ای بینجامد. فرآیند اسمز به دلیل حفظ پایداری، ایجاد کیفیت بالا، اصلاح خصوصیات کاربردی و کاهش مصرف انرژی، علاقه محققین را در طی سال های اخیر، بیش از پیش به خود جلب کرده است (5). آبیگری اسمزی عبارتست از خارج کردن بخشی از آب بافت گیاهی به وسیله‌ی تماس مستقیم آنها با یک محلول غلیظ مناسب (مانند محلول های غلیظی از قندها، نمک‌ها یا مخلوط‌هایی از نمک و قند) (8). در این فرایند با قرار دادن مواد غذایی مانند میوه یا سبزی به صورت قطعه قطعه شده یا کامل در یک محلول اسمزی، دیواره‌ی طبیعی سلول های ماده‌ی غذایی به عنوان یک غشاء نیمه تراوا عمل می کند و به علت وجود گرادیان غلظت بین محلول اسمزی (که دارای فشار اسمزی بالاتر و فعالیت آبی کمتری است) و مایعات داخل سلولی نیروی محرک لازم برای خروج آب از ماده غذایی به داخل محلول اسمزی ایجاد می شوند (4 و 8). انتقال جرم در حین فرآیند اسمز، از بین غشاهای سلولی نیمه تراوای موجود در مواد بیولوژیکی که باعث ایجاد مقاومت بالایی می گردند، به وقوع می پیوندد. حالت غشای سلولی می تواند از حالت تراوایی کلی تا تراوایی جزئی، تغییر نماید. این مساله، باعث ایجاد تغییرات موثری در ساختار بافت می گردد (10). از آبیگری اسمزی برای تولید محصولاتی با رطوبت حد واسط استفاده می شود یا از این فرآیند می توان به عنوان یک پیش فرآیند برای فرآیندهای بعدی مانند خشک کردن یا انجماد استفاده کرد (3). ارزش غذایی کدو حلوایی بالا بوده و دارای 2 تا 10 میلی گرم در هر 100 گرم ویتامین C و 9-10 میلی گرم در هر 100 گرم ویتامین E می باشد (6، 9 و 11). این محصول همچنین حاوی

2-3- مدل سازی شبکه‌ی عصبی مصنوعی

به منظور پردازش داده‌ها به کمک ابزار هوشمند شبکه‌ی عصبی از شبکه پرسپترون چند لایه‌ای¹ استفاده گردید. این شبکه، یکی از متداول‌ترین و شناخته شده‌ترین نوع از میان انواع شبکه‌های عصبی می‌باشد. این امر، عمدتاً به دلیل این واقعیت است که با پیاده‌سازی یک نگاشت بین ورودی‌ها و خروجی‌ها، می‌تواند به صورت یک تقریب زنده تابعی عمل کند. در این تحقیق، با در نظر گرفتن یک عامل ورودی محتوای رطوبتی، مقادیر کاهش آب و جذب مواد جامد پیش‌بینی گردید. شبکه‌ی عصبی به یک نرون لایه‌ی ورودی محتوی رطوبتی و دو نرون لایه‌ی خروجی کاهش آب و جذب مواد جامد، طراحی شد. شکل 1، توپولوژی شبکه‌ی عصبی مورد نظر و پارامترهای ورودی و خروجی برای شبکه‌ی مذکور را نشان می‌دهد. نرم افزار SPSS Statistics ver.18.0 برای طراحی و ارزیابی شبکه‌های عصبی مصنوعی مختلف استفاده شد. توابع آستانه‌ی مورد استفاده برای یافتن حالت بهینه پیش‌بینی توابع تانژانت هیپربولیک² می‌باشد. برای آموزش شبکه، ابتدا داده‌ها به طور تصادفی به نسبت 3 به 1 تقسیم شدند. تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌های هر لایه به روش آزمون و خطا مورد بررسی قرار گرفت. برای یافتن شبکه‌ی عصبی با توپولوژی مناسب به کمک الگوریتم‌های آموزشی، از معیارهای زیر استفاده شد:

$$STD_A = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (DP_A - \overline{DP_A})^2}{N-1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N DP_A$$

$$STD_R = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (DP_R - \overline{DP_R})^2}{N-1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$MRE = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N DP_R \right) \cdot 100$$

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_{exp,i} - P_{ANN,i})^2}{\sum_{i=1}^N (P_{ANN,i})^2} \right]$$

1 -Multilayer perceptron (MLP)
 2 -Hyperbolic tangent (tansig)

کدوی حلوايي‌های مورد استفاده دارای رطوبت اولیه‌ی 92/11 درصد در مبنای تر بود. رطوبت اولیه‌ی نمونه‌ها مطابق روش AOAC (1990) از طریق قرار دادن نمونه‌ها در آن اتمسفریک و در دمای 102 ± 0.2 درجه‌ی سانتیگراد تا دستیابی به وزن ثابت اندازه‌گیری شدند (1). در ابتدای هر آزمایش، کدوی حلوايي شست و شو و به ابعاد $5 \times 10 \times 10$ میلی‌متر (طول×عرض×ارتفاع) برش داده شد و توسط یک کولیس ابعاد کنترل گردید.

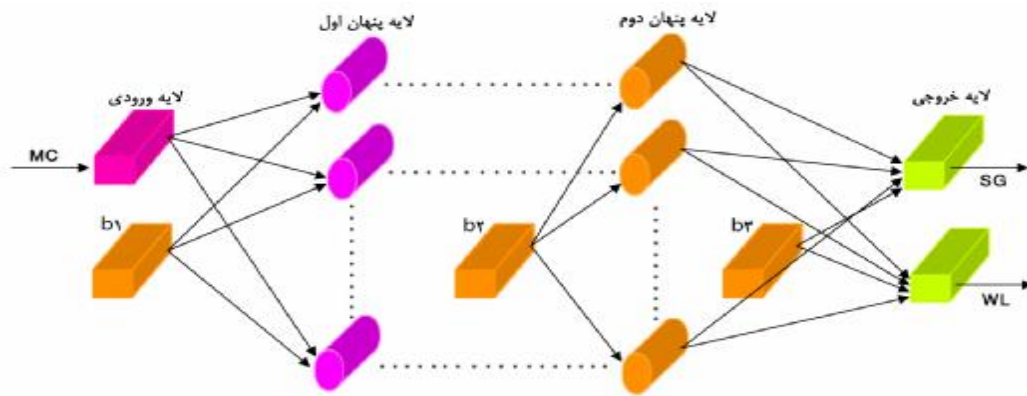
2-2- فرآیند آبیگری اسمزی

شرایط فرآیند اسمزی شامل محلول‌های اسمزی (50% ساکارز + 5% نمک طعام)، (50% ساکارز + 10% نمک طعام) و (50% ساکارز + 15% نمک طعام) در 2 سطح دمایی 25 و 50 درجه‌ی سانتیگراد به صورت استاتیک بود. قطعات کدوی حلوايي در محلول‌های اسمزی فوق غوطه‌ور گردید سپس در فواصل زمانی 120، 90، 60، 30، 0 و 180 دقیقه دو قطعه از محلول اسمزی خارج و سطح آن با آب مقطر دیونیزه شسته و بر روی یک کاغذ صافی جهت جذب شدن آب سطحی قرار گرفت و پس از جذب سطحی آب، نمونه‌ها توزین گردید. برای تعیین محتوای رطوبتی نمونه‌ها، قطعات در داخل آن تحت فشار اتمسفر در دمای 102 ± 0.2 درجه‌ی سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. میزان کاهش آب و درصد جذب مواد جامد (Solid gain (SG) از محلول اسمزی توسط برش‌ها بر اساس توزین آن‌ها در مراحل مختلف (قبل از آبیگری اسمزی، بعد از اسمز و بعد از خشک کردن در آن) از طریق معادلات زیر، محاسبه گردید (14 و 15).

$$SG = \frac{W_t S_t - W_0 S_0}{W_0} \times 100$$

$$WL = \frac{W_0 X_0 - W_t X_t}{W_0} \times 100$$

که در این معادلات، SG میزان جذب ماده جامد S_0 ، مقدار ماده‌ی جامد نمونه‌ی اولیه S_t ، مقدار ماده‌ی جامد نمونه‌ی آبیگری شده W_0 ، جرم اولیه‌ی نمونه W_t ، میزان خروج آب X_0 ، جرم نمونه‌ی آبیگری شده X_t ، رطوبت اولیه‌ی نمونه (%) و رطوبت نمونه‌ی آبیگری شده (%) می‌باشد (15).



شکل 1- طرح لایه های شبکه‌ی عصبی (یک نرون لایه‌ی ورودی محتوی رطوبتی و دو نرون لایه‌ی خروجی کاهش آب و جذب)

در این معادلات:

$$\Delta P_R = \left| \frac{P_{ANN} - P_E}{P_E} \right| \quad \Delta P_A = \left| P_{ANN} - P_E \right|$$

P_{ANN} مقادیر خروجی پیش‌بینی شده توسط شبکه‌ی عصبی، P_E مقادیر تجربی ورودی به شبکه برای پیش‌بینی مقادیر دفع آب و جذب مواد جامد. ارزیابی بهترین برازش شبکه برای یافتن بهترین توپولوژی شبکه مناسب، از طریق معیارهای فوق انجام گردید که هدف کمینه نمودن میانگین مربعات خطا و میانگین مربعات خطای مطلق (%) می‌باشد. مقادیر میانگین مربعات خطای مطلق کم‌تر از 5، عالی‌ترین برازش را داشته و مقادیر بیش‌تر از 10 برازش ضعیف مدل می‌باشد (13 و 14).

3- نتایج و بحث

در این پژوهش، ترکیب مختلفی از لایه‌ها و نرون‌های مختلف همراه با تابع فعال‌سازی هیپربولیک (لایه‌های پنهان و خروجی) برای بهینه‌سازی شبکه مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله‌ی اول بهینه‌سازی شبکه‌ی هوشمند عصبی از یک لایه‌ی پنهان با تعداد 2 تا 30 نرون که به طور تصادفی انتخاب گردیدند، عمل بهینه شدن شبکه انجام شد و در مرحله‌ی دوم با همان تعداد نرون در دو لایه‌ی پنهان قدرت شبکه تخمین زده شد. ویژگی‌های ساختاری شبکه برای تخمین داده‌ها در جدول 1 نشان داده شده است.

نتایج حاصل از بهینه‌سازی شبکه‌ی عصبی مصنوعی به همراه بهترین توپولوژی به دست آمده در حالت‌های مختلف فرآیند آنگیری اسمزی کدو حلوائی در جدول 2، نشان داده شده است. با توجه به بهترین نتایج به دست آمده برای شبکه‌ی مورد

استفاده در این پژوهش و مقایسه‌ی نتایج می‌توان دریافت که شبکه‌های یک لایه‌ای با تابع آستانه‌ی تانژانت هیپربولیک نسبت به دو لایه‌ای نتایج بهتری را ارائه می‌دهند. در این میان، بهترین عملکرد بهینه‌سازی توپولوژی در بین شبکه‌ی عصبی با یک لایه‌ی پنهان به ترتیب برای پارامترهای جذب مواد جامد و کاهش آب شامل 2-10-1 و 2-18-1 و در بین شبکه‌ی عصبی با دو لایه‌ی پنهان به ترتیب برای پارامترهای جذب مواد جامد و کاهش آب شامل 2-6-1 و 2-22-2-1 می‌باشد. نمودار آنالیز حساسیت مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه در برابر مقادیر تجربی برای جذب مواد جامد و کاهش آب برای بهترین توپولوژی‌ها نشان داد که حداقل مقدار ضریب تبیین 0/8993 می‌باشد که این خود دلیلی بر ارزیابی دقیق شبکه در پیش‌بینی مقادیر کاهش آب و جذب مواد جامد می‌باشد. شکل‌های 2 تا 5 نتایج بهترین توپولوژی به دست آمده در حالت‌های مختلف فرآیند آنگیری اسمزی کدو حلوائی را نشان می‌دهند. نتایج پژوهش انجام شده توسط شفافی زوزیان و همکاران (2009) بر روی فرآیند خشک کردن اسمزی کدوی حلوائی و مدلسازی ویژگی‌های آن نشان داد که مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی با دو لایه‌ی مخفی که در لایه‌ی اول 10 و در لایه‌ی دومی 41 نرون داشت، نتایج بهتری از سایر مدل‌ها در تخمین تغییرات رنگ، چروکیدگی و مقدار رطوبت نمونه کدوی حلوائی اسمز شده در محلول‌های سوربیتول، گلوکز و ساکارز دارد. مدل مذکور بر مبنای ورودی ضرایب ریز موج تصاویر نمونه و زمان خشک کردن طراحی شده بود. آن‌ها نتیجه گرفتند که هیبرید شبکه عصبی مصنوعی و ریز موج مقدار تغییرات رنگ را از شبکه‌ی عصبی مصنوعی پیشرو می‌تواند با دقت بهتری پیش‌بینی نماید.

جدول 1- ویژگی‌های ساختاری شبکه

لایه‌ی پنهان دوم	لایه‌ی پنهان اول	خصوصیات شبکه
MLP	MLP	نوع شبکه
Hyperbolic tangent	Hyperbolic tangent	تابع انتقال
gradient descent	gradient descent	الگوریتم بهینه‌سازی
1000	1000	دوره‌ی یادگیری
0/7	0/7	ضریب مومنتوم
2	2	تعداد لایه‌ی پنهان
2 تا 30	2 تا 30	تعداد نرون‌ها

جدول 2 - نتایج حاصل از شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای بهترین توپولوژی در حالت‌های مختلف فرآیند اسمزی

دو لایه‌ی پنهان		یک لایه‌ی پنهان		دما فرآیند (°C)	نوع محلول اسمزی
SG	WL	SG	WL		
1-22-22-2	1-22-22-2	1-22-2	1-22-2	25	ساکارز 50% + نمک طعام 5%
1-6-6-2	1-22-22-2	1-6-2	1-18-2		ساکارز 50% + نمک طعام 10%
1-26-26-2	1-2-2-2	1-10-2	1-10-2		ساکارز 50% + نمک طعام 15%
1-6-6-2	1-2-2-2	1-6-2	1-6-2	50	ساکارز 50% + نمک طعام 5%
1-14-14-2	1-14-14-2	1-14-2	1-14-2		ساکارز 50% + نمک طعام 10%
1-26-26-2	1-26-26-2	1-26-2	1-26-2		ساکارز 50% + نمک طعام 15%

* نتایج بالا بر اساس کمیته بودن مقدار MRE % می باشد.

جدول 3- مقدار خطاهای پیش بینی شده توسط شبکه‌ی عصبی در دمای 25 درجه‌ی سانتیگراد و غلظت (50% ساکارز + 5% نمک طعام)

SG				WL				تعداد نرون		تعداد لایه
%MRE	MAE	STD _R	STD _A	%MRE	MAE	STD _R	STD _A		پنهان	
45.41	5.044	0.5516	6.042	35.75	18.23	0.5281	27.08	0	2	1
22.06	2.464	0.3838	4.240	18.81	10.46	0.3742	20.30	0	6	1
20.90	2.349	0.3834	4.239	17.46	9.526	0.3730	20.23	0	10	1
23.53	3.200	0.3973	5.377	24.57	14.64	0.3871	23.38	0	14	1
25.20	2.893	0.3962	4.408	18.16	9.937	0.3732	20.23	0	18	1
6.300	0.947	0.0985	1.268	4.115	2.290	0.0554	2.898	0	22	1
21.53	2.195	0.3858	3.696	19.78	9.812	0.3752	18.65	0	26	1
24.84	2.584	0.3950	3.828	18.18	9.482	0.3731	18.60	0	30	1
38.97	4.201	0.5374	5.863	37.68	19.18	0.5300	27.18	2	2	2
21.96	2.516	0.3839	4.248	23.01	12.43	0.3809	20.64	6	6	2
33.34	3.405	0.4333	4.504	28.16	15.15	0.3966	21.39	10	10	2
26.18	3.450	0.4027	5.424	24.84	14.99	0.3894	23.53	14	14	2
22.36	2.641	0.3875	4.304	27.05	14.01	0.4004	21.24	18	18	2
8.599	1.041	0.1386	1.648	2.829	1.540	0.0383	1.756	22	22	2
26.29	2.695	0.3904	3.729	24.39	12.06	0.3980	19.41	26	26	2
22.95	2.391	0.3964	3.855	17.99	9.245	0.3735	18.62	30	30	2

جدول 4- مقدار خطاهای پیش بینی شده توسط شبکه‌ی عصبی در دمای 25 درجه‌ی سانتیگراد و غلظت (50% ساکارز + 10% نمک طعام)

SG				WL				تعداد نرون		تعداد لایه
%MRE	MAE	STD _R	STD _A	%MRE	MAE	STD _R	STD _A		پنهان	
23.96	3.131	0.3836	4.523	23.01	12.17	0.3845	20.22	0	2	1
1.403	0.201	0.0149	0.193	2.562	1.767	0.0346	2.127	0	6	1
50.66	6.083	0.6456	7.841	50.29	27.19	0.6455	35.24	0	10	1
18.22	1.795	0.3733	3.298	20.56	9.606	0.3765	15.98	0	14	1
6.829	0.904	0.0934	1.137	1.045	0.778	0.0129	0.887	0	18	1
5.347	0.841	0.0637	0.848	4.143	2.474	0.0473	2.600	0	22	1
17.88	2.568	0.3730	5.266	25.54	14.97	0.3880	23.57	0	26	1
18.64	1.843	0.3734	3.298	18.15	8.306	0.3731	15.75	0	30	1
19.91	2.391	0.3763	4.358	23.29	12.34	0.3839	20.21	2	2	2
0.773	0.166	0.0105	0.211	7.641	4.152	0.0941	4.824	6	6	2
51.75	6.261	0.6461	7.851	52.09	28.40	0.6465	35.30	10	10	2
17.82	1.746	0.3729	3.290	21.24	10.39	0.3765	16.07	14	14	2
1.977	0.383	0.0254	0.447	12.88	6.907	0.1550	7.980	18	18	2
4.709	0.605	0.0592	0.638	2.432	1.452	0.0329	1.601	22	22	2
21.50	2.980	0.3782	5.305	19.58	12.18	0.3745	23.03	26	26	2
17.37	1.645	0.3728	3.281	17.30	7.624	0.3727	15.70	30	30	2

جدول 5- مقدار خطاهای پیش‌بینی شده توسط شبکه‌ی عصبی در دمای 25 درجه‌ی سانتی‌گراد و غلظت (50% ساکارز + 15% نمک طعام)

SG				WL				تعداد نرون		تعداد لایه
%MRE	MAE	STD _R	STD _A	%MRE	MAE	STD _R	STD _A			پنهان
8.353	1.347	0.108	1.407	3.793	2.665	0.0470	3.164	0	2	1
51.25	8.287	0.645	10.53	50.21	34.01	0.6455	43.58	0	6	1
0.697	0.123	0.010	0.165	1.231	0.912	0.0212	1.557	0	10	1
17.84	3.016	0.372	6.132	22.15	15.26	0.3781	25.87	0	14	1
20.84	2.413	0.375	3.877	18.15	9.356	0.3733	18.31	0	18	1
34.56	6.194	0.527	9.272	34.82	24.79	0.5275	37.57	0	22	1
1.010	0.204	0.011	0.204	6.088	3.838	0.0630	3.922	0	26	1
17.84	1.971	0.372	3.801	18.88	10.05	0.3738	18.37	0	30	1
6.625	1.155	0.072	1.219	4.388	3.087	0.0543	3.856	2	2	2
51.09	8.326	0.645	10.53	50.81	34.12	0.6457	43.58	6	6	2
11.46	1.566	0.156	1.889	4.646	3.153	0.0470	2.989	10	10	2
17.92	3.065	0.373	6.136	24.41	16.53	0.3872	26.16	14	14	2
18.47	2.148	0.373	3.826	20.49	10.88	0.3764	18.57	18	18	2
34.03	6.021	0.527	9.260	35.47	25.19	0.5283	37.62	22	22	2
6.164	0.881	0.082	0.957	6.240	4.168	0.0753	4.489	26	26	2
17.46	1.896	0.372	3.798	17.89	9.237	0.3732	18.31	30	30	2

جدول 6- مقدار خطاهای پیش‌بینی شده توسط شبکه‌ی عصبی در دمای 50 درجه‌ی سانتی‌گراد و غلظت (50% ساکارز + 5% نمک طعام)

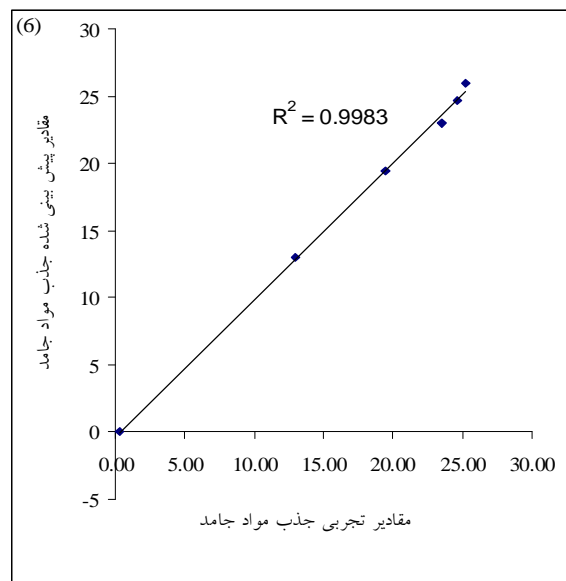
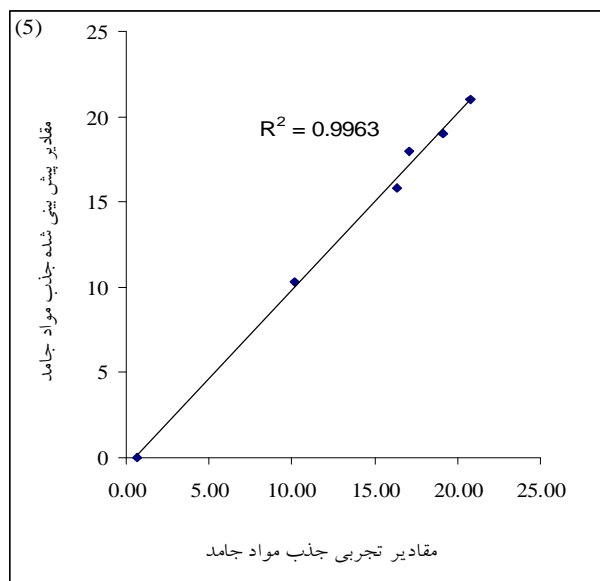
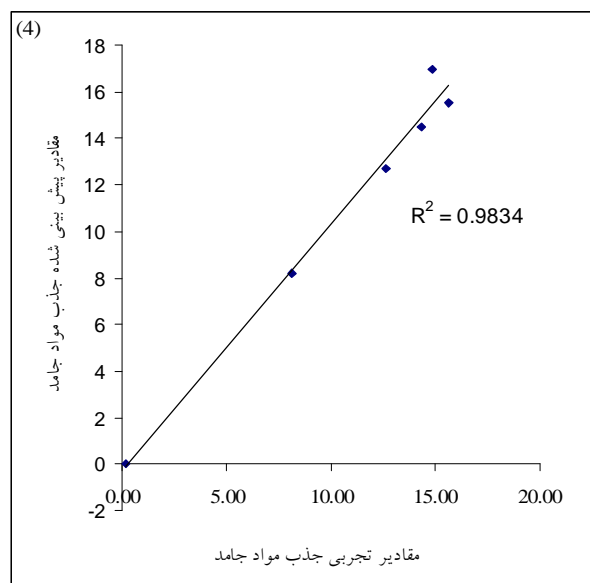
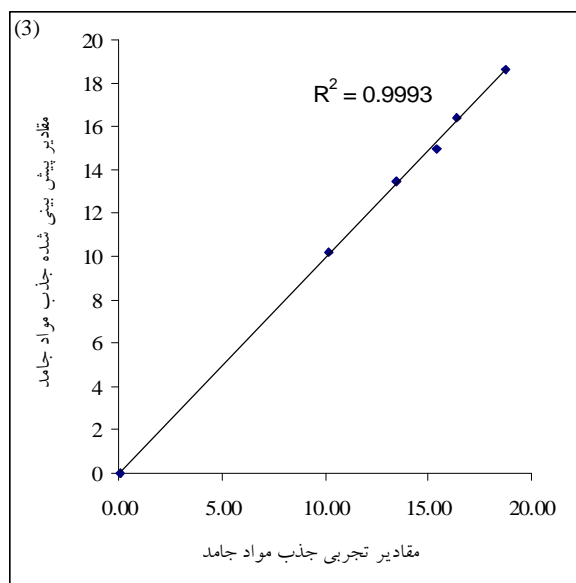
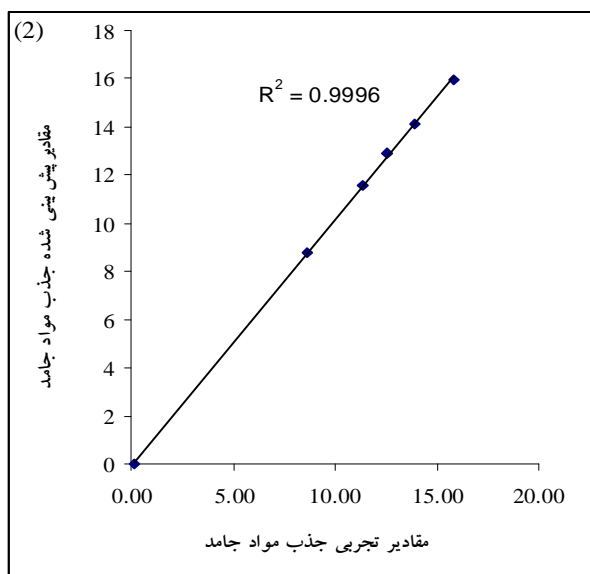
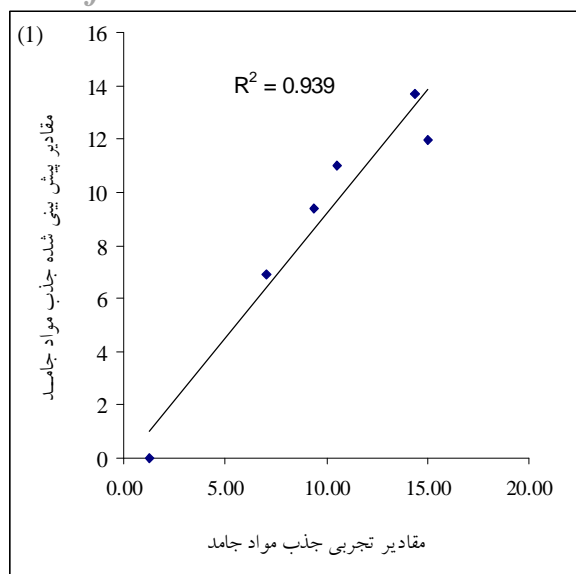
SG				WL				تعداد نرون		تعداد لایه
%MRE	MAE	STD _R	STD _A	%MRE	MAE	STD _R	STD _A			پنهان
8.404	1.211	0.112	1.232	4.817	2.779	0.0624	3.358	0	2	1
2.661	0.455	0.047	0.801	2.253	1.597	0.0289	1.820	0	6	1
35.45	3.861	0.529	5.692	34.36	16.54	0.5275	25.35	0	10	1
17.60	1.624	0.372	3.076	20.73	9.663	0.3760	15.59	0	14	1
5.951	0.831	0.062	0.835	3.294	2.123	0.0411	2.563	0	18	1
52.93	7.733	0.647	9.257	52.99	30.86	0.6472	37.60	0	22	1
52.07	6.468	0.646	8.101	54.32	28.70	0.6495	34.32	0	26	1
34.82	3.828	0.527	5.655	36.58	18.24	0.5290	25.48	0	30	1
4.030	0.688	0.048	0.788	3.491	2.191	0.0520	3.084	2	2	2
2.637	0.501	0.046	0.805	11.58	6.267	0.1308	6.903	6	6	2
42.47	4.951	0.543	5.996	37.45	18.58	0.5314	25.63	10	10	2
18.05	1.691	0.373	3.077	23.25	11.41	0.3802	15.98	14	14	2
3.100	0.636	0.041	0.761	14.72	7.441	0.2077	9.297	18	18	2
51.48	7.371	0.645	9.221	51.86	30.26	0.6462	37.54	22	22	2
52.21	6.548	0.647	8.117	53.19	28.39	0.6474	34.20	26	26	2
34.06	3.683	0.527	5.645047	34.15	16.58	0.5272	25.33	30	30	2

جدول 7- مقدار خطاهای پیش‌بینی شده توسط شبکه‌ی عصبی در دمای 50 درجه‌ی سانتی‌گراد و غلظت (50% ساکارز + 10% نمک طعام)

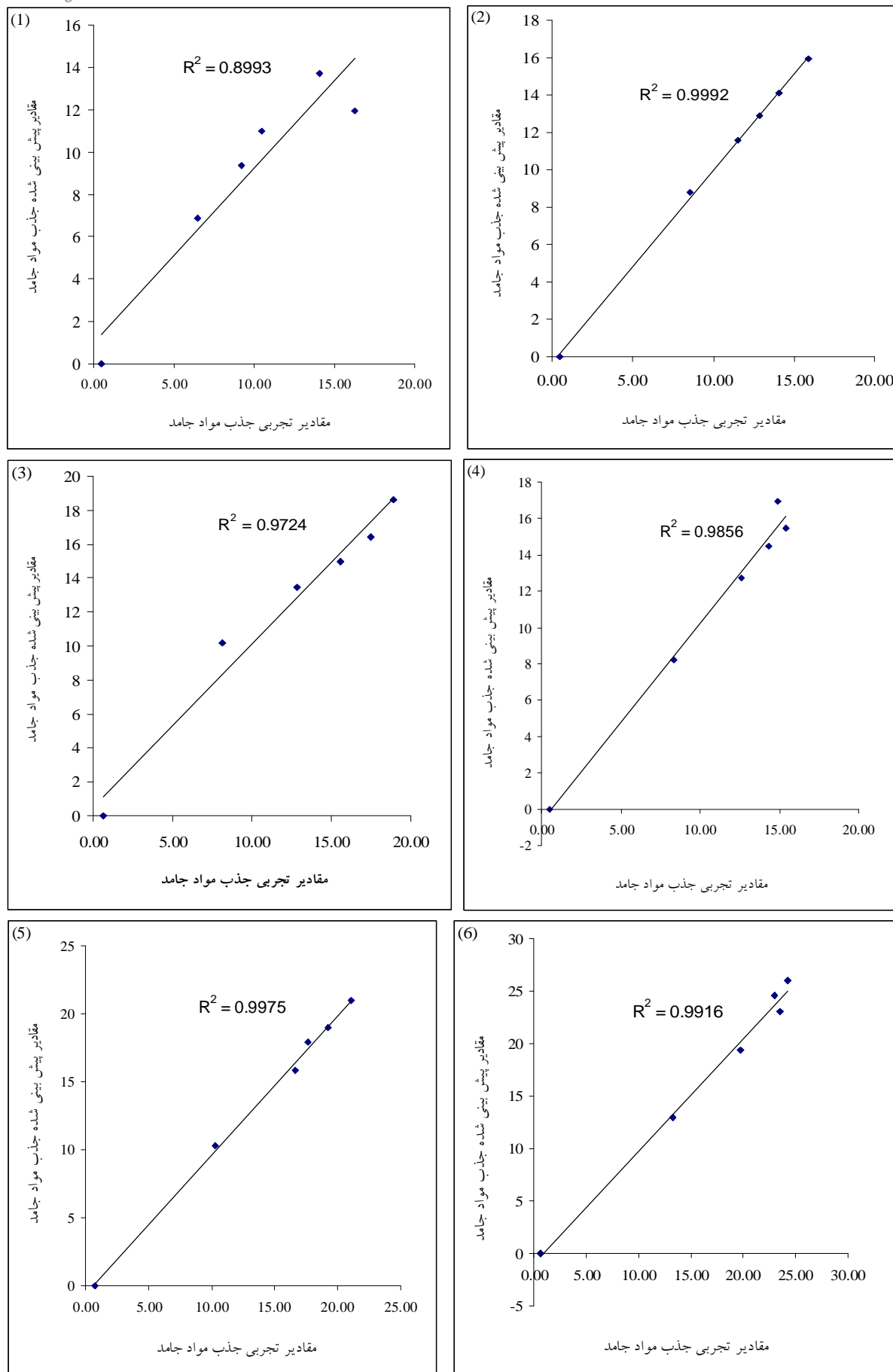
SG				WL				تعداد نرون		تعداد لایه پنهان
%MRE	MAE	STD _R	STD _A	%MRE	MAE	STD _R	STD _A			
21.70	4.433	0.3804	7.888	23.15	14.86	0.3928	26.59	0	2	1
34.63	6.390	0.5275	9.743	35.43	23.21	0.5280	34.21	0	6	1
51.21	8.412	0.6459	10.97	51.29	30.35	0.6459	38.78	0	10	1
1.826	0.416	0.0224	0.456	6.204	3.769	0.0785	4.094	0	14	1
20.10	4.065	0.3750	7.842	18.71	12.98	0.3736	26.08	0	18	1
36.83	7.322	0.5295	10.57	35.59	23.95	0.5285	35.86	0	22	1
17.85	3.735	0.3730	7.819	19.60	13.17	0.3754	26.11	0	26	1
33.98	5.421	0.5271	8.706	35.22	20.50	0.5277	30.74	0	30	1
24.18	4.640	0.3868	7.921	19.16	13.31	0.3741	26.11	2	2	2
34.50	6.425	0.5275	9.746	36.76	23.92	0.5301	34.36	6	6	2
52.51	8.691	0.6468	11.01	51.89	30.94	0.6462	38.81	10	10	2
1.426	0.361	0.0211	0.435	7.655	4.841	0.1008	5.246	14	14	2
18.85	4.020	0.3738	7.839	21.79	14.48	0.3803	26.29	18	18	2
34.18	6.878	0.5272	10.54	36.67	24.38	0.5312	35.93	22	22	2
19.04	3.975	0.3741	7.836	18.19	12.88	0.3732	26.07	26	26	2
34.11	5.413	0.5271	8.705	35.04	20.19	0.5277	30.73	30	30	2

جدول 8- مقدار خطاهای پیش‌بینی شده توسط شبکه‌ی عصبی در دمای 50 درجه‌ی سانتی‌گراد و غلظت (50% ساکارز + 15% نمک طعام)

SG				WL				تعداد نرون		تعداد لایه پنهان
%MRE	MAE	STD _R	STD _A	%MRE	MAE	STD _R	STD _A			
20.40	4.890	0.375	8.657	21.88	14.99	0.3803	26.07	0	2	1
35.28	6.522	0.528	9.879	35.85	21.92	0.5283	31.81	0	6	1
16.86	2.224	0.372	4.825	16.80	8.479	0.3726	18.65	0	10	1
17.99	4.514	0.373	9.195	20.31	14.79	0.3763	26.84	0	14	1
20.22	5.072	0.375	9.726	17.84	13.64	0.3730	28.59	0	18	1
52.51	11.12	0.647	13.86	51.96	34.10	0.6464	42.73	0	22	1
0.977	0.291	0.013	0.368	10.71	7.279	0.1285	9.021	0	26	1
35.13	8.402	0.527	12.57	35.58	25.25	0.5280	36.98	0	30	1
21.69	5.141	0.378	8.736	24.06	16.60	0.3825	26.32	2	2	2
34.21	6.298	0.527	9.852	38.74	23.69	0.5318	32.07	6	6	2
21.25	3.251	0.377	5.007	22.08	12.40	0.3781	19.21	10	10	2
18.24	4.585	0.373	9.198	22.57	16.57	0.3790	27.04	14	14	2
19.24	5.063	0.374	9.729	21.17	15.50	0.3788	28.80	18	18	2
51.37	10.71	0.645	13.82	51.25	33.67	0.6459	42.70	22	22	2
3.300	0.861	0.037	0.945	3.443	2.892	0.0455	3.473	26	26	2
33.78	8.125	0.527	12.56	33.81	23.89	0.5271	36.90	30	30	2

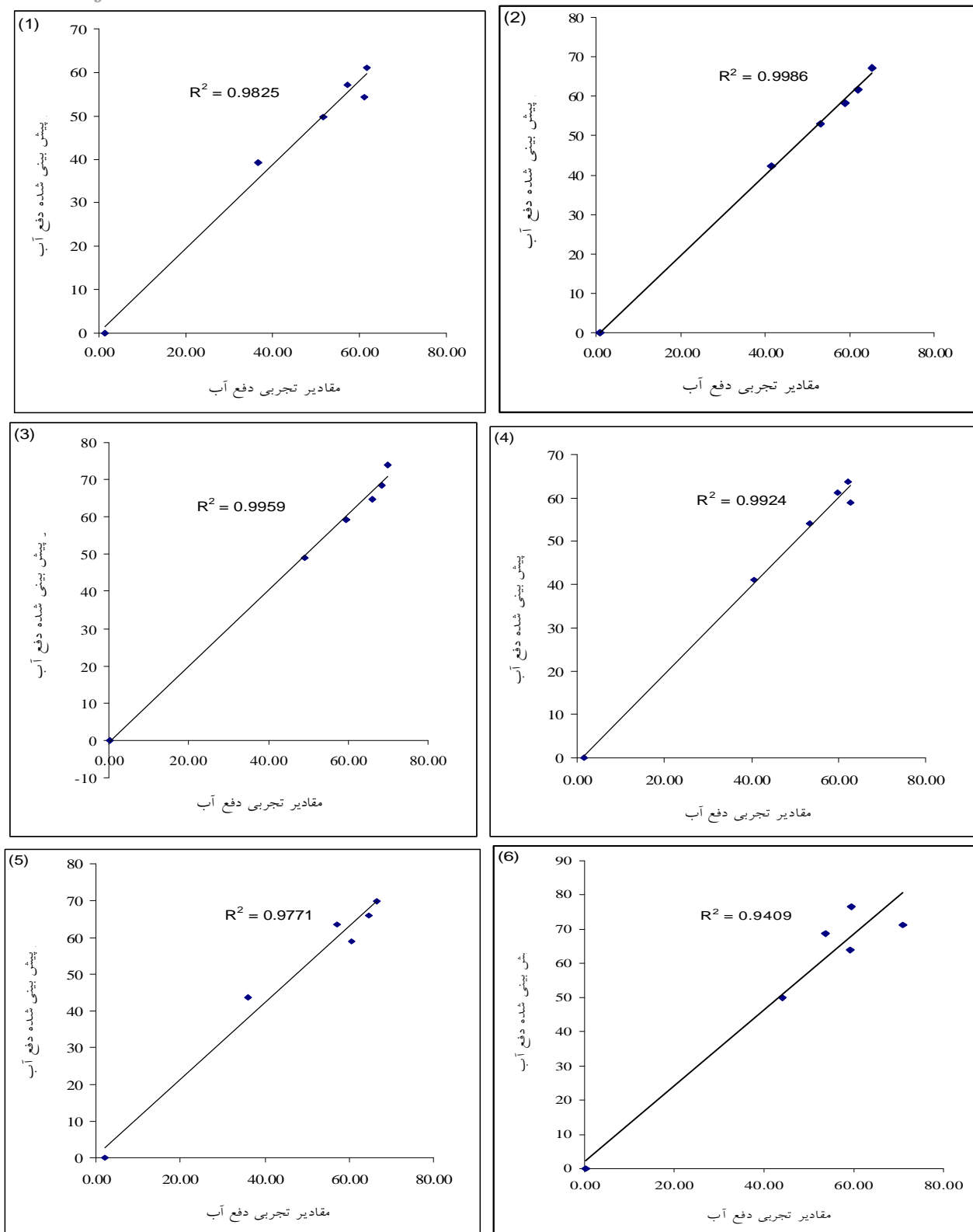


شکل 2- مقادیر پیش‌بینی شده و تجربی جذب مواد جامد (1) با توپولوژی 1-22-2 (2) توپولوژی 1-6-2 (3) توپولوژی 1-10-2 (4) توپولوژی 1-6-2 (5) توپولوژی 1-14-2 (6) توپولوژی 1-26-2

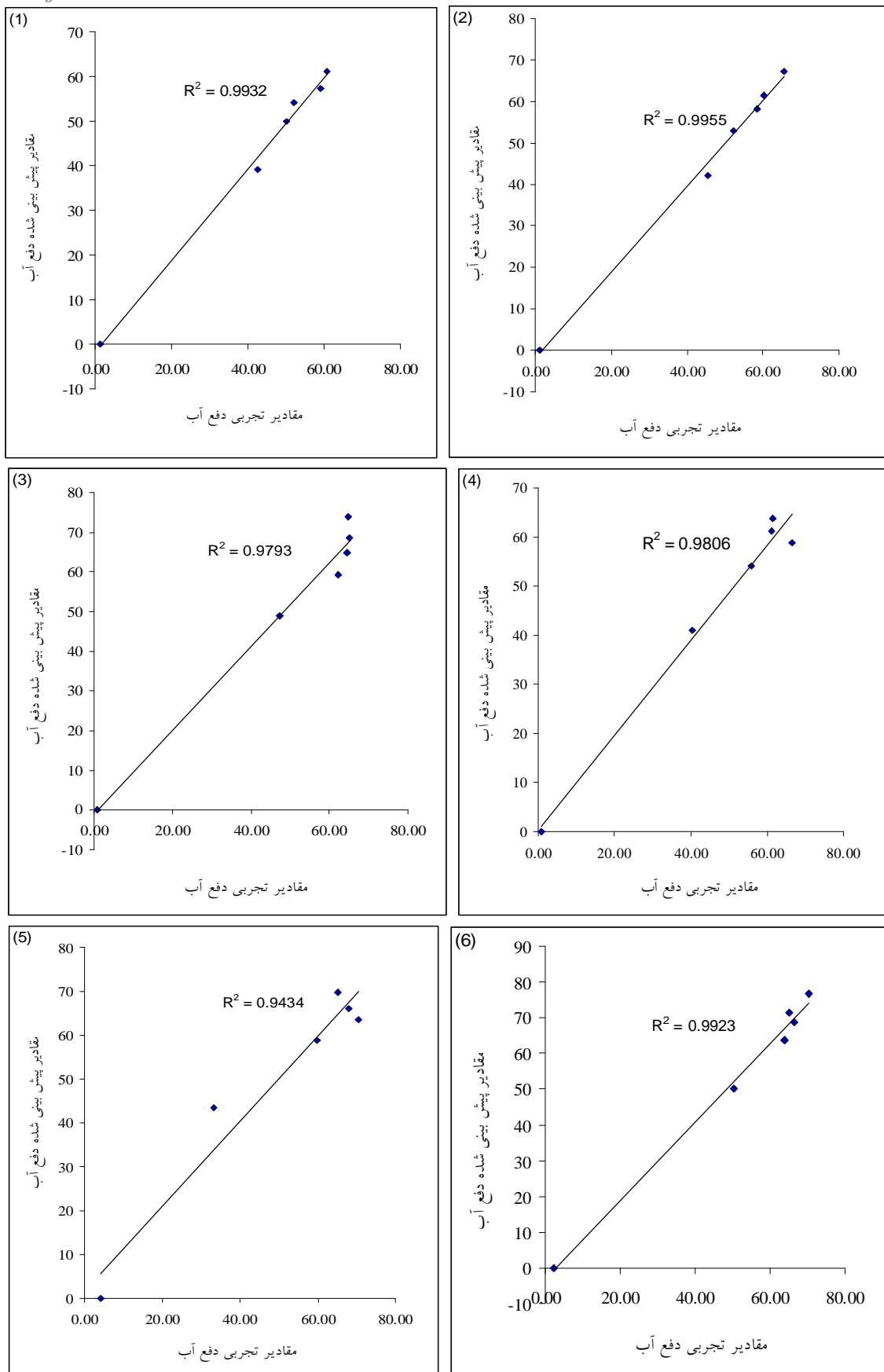


شکل 3- مقادیر پیش بینی شده و تجربی جذب مواد جامد (1) با توپولوژی 1-22-22-2 (2) توپولوژی 1-6-6-2 (3) توپولوژی 2-26-26-2-

1 (4) توپولوژی 1-6-6-2 (5) توپولوژی 1-14-14-2 (6) توپولوژی 1-26-26-2



شکل 4- مقادیر پیش‌بینی شده و تجربی کاهش آب (1) با توپولوژی 1-22-2 (2) توپولوژی 1-18-2 (3) توپولوژی 1-10-2 (4) توپولوژی 1-6-2 (5) توپولوژی 1-14-2 (6) توپولوژی 1-26-2



شکل 5- مقادیر پیش بینی شده و تجربی کاهش آب (1) با توپولوژی 1-22-22-2 (2) توپولوژی 1-22-22-2 (3) توپولوژی 1-2-2-2 (4) توپولوژی 1-2-2-2 (5) توپولوژی 1-14-14-2 (6) توپولوژی 1-26-26-2

pumpkin seeds (*Cucurbita pepo*). *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung* 4: 275–278.

10- Rastogi, N.K. Angreber, A and Knorr, D. Combined effect of high hydrostatic pressure pretreatment and osmotic stress on mass transfer during osmotic dehydration on DAAD fellow ship from: Department of Food Engineering, Central Food Technological Research Institute, Mysore-570013, India.

11- Terazowa, Y. Ito, K. and Yoshida, K. 2001. Changes in carbohydrate composition in pumpkin (*kabocha*) during fruit growth. *Journal of the Japanese Society Horticultural Science*, 70: 656–658.

12- USDA National Nutrient Database for Standard Reference. 2004. Nutritional Value of Pumpkin and Winter Squash. Release 17.

13- Zenoosian, M.S. Feng, H. Razavi, S.M.A. and Poreza, H.R. 2007. Image analysis and dynamic modeling of thin-layer drying of osmotically dehydrated pumpkin. *Journal of Food processing and Preservation*, 32: 88-102.

14- Zenoosian, M.S. Devahastin, S. Razavi, M.A. and Poreza, H.R. 2008. Use of artificial neural network and image analysis to predict physical properties of osmotically dehydrated pumpkin. *Journal of Drying Technology*, 26: 132–144.

15- Zenoosian, M.S. and Devahastin, S. 2009. Application of wavelet transform coupled with artificial neural network for predicting physicochemical properties of osmotically dehydrated pumpkin. *Journal of Food Engineering*, 90: 219–227.

4- نتیجه گیری

در این پژوهش، عملیات بهینه‌سازی پارامترهای جذب مواد جامد و کاهش آب توسط شبکه عصبی مصنوعی مورد آنالیز قرار گرفت. عملیات بهینه‌سازی با 1 و 2 لایه‌ی پنهان مورد ارزیابی قرار گرفت. شبکه‌ی مورد استفاده برای بهینه‌سازی، شبکه پرسپترون چند لایه به صورت یادگیری همزمان¹ بود. نتایج، نشان داد که بهترین عملکرد بهینه‌سازی توپولوژی در بین شبکه‌ی عصبی با یک لایه‌ی پنهان به ترتیب برای پارامترهای جذب مواد جامد و کاهش آب شامل 1-10-2 و 1-18-2 و در بین شبکه‌ی عصبی با دو لایه‌ی پنهان به ترتیب برای پارامترهای جذب مواد جامد و کاهش آب شامل 1-6-6-2 و 1-22-22-2 می‌باشد.

5- منابع

- 1- AOAC, 1990. Official methods of analysis. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- 2- Chang, M.J. Han, M.R. and Kim, M.H. 2003. Effects of salt addition in sugar based osmotic dehydration on mass transfer and browning reaction of green pumpkin. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 46(3): 92–96.
- 3- Ertekin, F.K. and Cakaloz. T. 1996. Osmotic dehydration of peas: II influence of osmotic on drying behavior and product quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20: 105-119.
- 4- Jayaraman, K.S. 1990. Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower, *International. Journal of Food Science and Technology*, 25: 47-60.
- 5- Kar, A. and Gupta. D.K. 2001. Osmotic dehydration characteristics of button mushroom. *Journal of Food Science and Technology*, 38(4): 352-357.
- 6- Kunachowicz, H. Nadolna, I. Przygoda, B. and Iwanowicz, K. 2005. Tabele składu i wartos ci odzywczejzywnosci. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- 7- Kowalska, H. and Lenart, A. 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering*, 49: 137–140.
- 8- Lazarides, H.N. 1999. Advance in osmotic dehydration by processing foods: (eds. F.A. R. oliveria.) CRC press New York.
- 9 Murkovic, M. Hillerbrandt, A. Winkler, J. and Pfannhauser, W. 2002. Variability of vitamin E in