

# تخمین غلظت محلول مواد رنگزای طبیعی بوسیله پویشگر

علی شمس ناتری<sup>i</sup>؛ منصور مافی<sup>ii</sup>

چکیده

تخمین غلظت مواد رنگزای طبیعی به روش جذب سنجی به دلیل وجود ذرات معلق و همچنین غلظت بالای محلول‌های متداول مصرفی دارای خطای بالا می‌باشد. در این کار تحقیقاتی تلاش گردید از دستگاه پویشگر برای تخمین غلظت مواد رنگزای طبیعی روناس، پوست انار و جاشیر استفاده گردد. در روش جدید، از روش رگرسیون چندجمله‌ای برای تبدیل مقادیر RGB به مقادیر غلظت مواد رنگزا استفاده شده است. همچنین تلاش گردید که با اعمال فیلترهای سینوسی و توان  $1/3$  بر روی مقادیر RGB خطای تخمین با پویشگر را کاهش داد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که قابلیت تخمین به کمک پویشگر بهتر از روش معمولی جذب سنجی براساس قانون بیر-لامبرت می‌باشد.

کلمات کلیدی

مواد رنگزای طبیعی، تعیین غلظت، پویشگر، رگرسیون چندجمله‌ای، جذب سنجی

## *Estimation of Natural Dyes Concentration by Scanner*

Ali Shams Natri, Mansour Mafi

### ABSTRACT

The insoluble particle in natural dye solution caused high error in evaluation concentration of natural dye solutions by UV-visible spectroscopy method. In this work, the concentration of natural dyes such as prangos-ferulacea, madder and pomegranate was estimated by means of scanner. In new method, the polynomial regression was used to convert scanner's RGB values into natural dyes concentration. The accuracy of prediction is improved by applying several filters such as sinusoidal and cube root on scanner RGB. Obtained results indicate that the accuracy of prediction in scanner method is better than normal spectroscopy based on Beer-Lambert's law.

### KEYWORDS

Natural dye, Concentration, Scanner, Polynomial Regression

### ۱- مقدمه

در طول موج بیشترین جذب، مقدار غلظت محلول‌های مجهول تخمین زده می‌شود. بطور کلی اندازه‌گیری با اسپکتروفتومتر دقیق، وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد. این دستگاه‌ها همچنین دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشند، برای نمونه در غلظت‌های بالا دقت اندازه‌گیری کاهش می‌یابد [۱]. یکی دیگر از معایب و محدودیت‌های این دستگاه، ایجاد خطا در صورت وجود هرگونه جسم یا ذره منتشر کننده نور در محلول می‌باشد. با توجه به اینکه در رنگرزی با مواد رنگزای طبیعی به علت پایین روش معمول برای اندازه‌گیری غلظت مواد رنگزا استفاده از اسپکتروفتومتر می‌باشد. به این ترتیب که پس از اندازه‌گیری طیف جذبی محلول‌هایی با غلظت مشخص، مقدار جذب در طول موج بیشترین جذب در برابر غلظت رسم و طبق قانون بیر-لامبرت بین این مقادیر یک منحنی خطی رسم شده و با استفاده از فرمول منحنی حاصل یک رابطه خطی بین غلظت و جذب بدست می‌آید که با استفاده از این منحنی و مقدار جذب

<sup>i</sup> استادیار- عضو هیات علمی گروه مهندسی نساجی - دانشکده فنی - دانشگاه گیلان Email: A\_shams@guilan.ac.ir

<sup>ii</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد- رشته مهندسی نساجی- دانشگاه گیلان Email: mansour.mafi@gmail.com

بودن قدرت رنگی این مواد رنگزا از غلظت‌های بالای رنگزا استفاده می‌شود [۲]، همچنین وجود انواع موادی که بطور کامل در حمام حل نشده و به صورت ذرات معلق در حمام وجود دارد [۲]، لذا استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در تخمین غلظت این محلول‌ها محدود و بسیار مشکل می‌باشد. از اینرو روش‌های سریع، دقیق و با هزینه کمتر برای اندازه‌گیری غلظت رنگزا بسیار مناسب هستند.

یک روش جدید برای اندازه‌گیری رنگ مواد، استفاده از دستگاه‌های دریافت کننده تصویر مانند دستگاه پویشگر و دوربین دیجیتال می‌باشد [۳ و ۴]. اگر کالیبراسیون کالریمتریک دستگاه موفقیت‌آمیز باشد، اندازه‌گیری غلظت رنگزا می‌تواند بوسیله دستگاه‌های بازتولید رنگ نظیر پویشگر انجام شود. اما کالیبراسیون کالریمتریک دستگاه مشکل می‌باشد. زیرا در دستگاه‌های دریافت تصویر مانند پویشگرها و دوربین‌های دیجیتال، رنگ بر اساس سیستم‌های وابسته به دستگاه مانند سیستم RGB بیان می‌شود. بطوریکه مقادیر اندازه‌گیری شده از یک نمونه توسط یک دستگاه با مقادیر اندازه‌گیری شده از همان نمونه با دستگاهی دیگر ممکن است تفاوت داشته باشد [۵]. به بیان دیگر مولفه‌های RGB برای یک نمونه رنگی مشخص حاصل از یک دستگاه می‌تواند بطور چشمگیری با مولفه‌های بدست آمده از دستگاه دیگر تفاوت داشته باشد [۵ و ۶]. از اینرو به منظور بدست آوردن اندازه‌گیری‌های دقیق و قابل اطمینان با استفاده از پویشگر باید هر دستگاه به طور مجزا کالیبره شود. بخش اساسی کالیبراسیون یافتن تابع تبدیل می‌باشد. روش‌های مختلفی نظیر روش رگرسیون چند جمله‌ای، روش جداول جستجوگر (Look-up Tables) با درون یابی و برون یابی سه بعدی، روش‌های بازیابی عکس‌العمل طیفی حسگر، شبکه عصبی، روش فازی و مدلسازی تصویر یا رنگ برای انجام عمل کالیبراسیون پویشگر و دوربین دیجیتال بکار رفته است [۴]، [۷] - [۱۰]. در اکثر تحقیقات انجام شده از این روش‌ها به منظور برقراری رابطه بین مقادیر رنگی وابسته به دستگاه مانند RGB با مقادیر غیر وابسته به دستگاه مانند XYZ و Lab استفاده می‌شود [۷-۹].

در این کار تحقیقاتی، برای برقراری رابطه بین غلظت رنگزا و مقادیر RGB پویشگر از روش رگرسیون چندجمله‌ای استفاده گردید. همانگونه که گفته شد این روش یکی از روش‌های متداول برای کالیبراسیون پویشگر برای اندازه‌گیری رنگ می‌باشد. مزیت این روش قدرت معکوس پذیری بالای آن می‌باشد. در این روش از یک سری چندجمله‌ای از یک عبارت سه جمله‌ای خطی تا یک عبارت مکعبی ۸ جمله‌ای از مقادیر RGB پویشگر برای برازش داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد

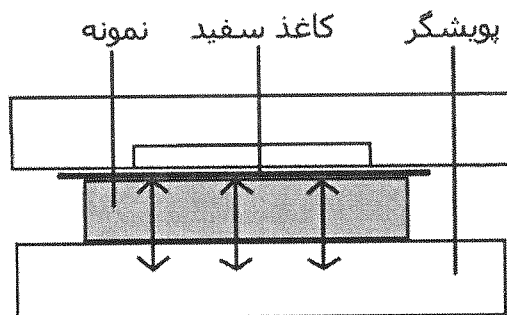
که با استفاده از آنها ماتریس تبدیل مقادیر RGB به مقدار غلظت رنگزا بدست می‌آید [۸ و ۹].

## ۲- مواد و روش تحقیق:

مواد مصرفی شامل مواد رنگزای طبیعی روناس (تهیه شده از منطقه یزد)، جاشیر (از منطقه فارس) و پوست انار (از منطقه یزد) می‌باشد. از نرم‌افزار MATLAB ۷ برای انجام محاسبات استفاده گردید.

نمونه‌های تهیه شده شامل محلول‌های تک جزئی از این مواد رنگزا در ۱۲ غلظت مختلف ۳/۷۵، ۵، ۶/۲۵، ۷/۵، ۸/۷۵، ۱۰، ۱۱/۲۵، ۱۲/۵، ۱۳/۷۵، ۱۵، ۱۶/۲۵ و ۱۷/۵ گرم بر لیتر می‌باشد. در ادامه محلول مواد رنگزا در درون سل‌های مخصوص شفاف و بی‌رنگ از جنس شیشه با ابعاد ۷×۷cm و قطر داخلی ۱cm ریخته و از این سل مخصوص حاوی رنگ برای پویش محلول مواد رنگزا توسط پویشگر استفاده گردید. از یک پویشگر تخت با مارک تجاری Benq مدل ST-۵۵۵۰ در شرایط یکسان از نظر منبع نوری و قدرت تفکیک ۶۰۰ dpi و همچنین سایر پارامترهای موثر در دو حالت انعکاسی و انتقالی برای پویش محلول مواد رنگزای طبیعی مورد استفاده قرار گرفت. نحوه پویش به دو طریق انعکاسی و انتقالی در شکل (۱) و (۲) نشان داده شده است. در حالت پویش، انعکاسی منبع نوری و حسگر در یک طرف نمونه قرار داشته و نمونه با استفاده از کاغذ سفید به صورت پشت‌پوش درآمده است اما در حالت پویش انتقالی منبع نوری و حسگر در دو طرف نمونه قرار دارند.

در ادامه برای حذف نایکناختی و نویز، تصاویر تهیه شده فیلتر گردید. سپس مقادیر RGB تصاویر یاد شده برای انجام محاسبات اندازه‌گیری گردید. نمونه‌های گفته شده به دو گروه نمونه‌های آموزش و آزمون تقسیم گردیدند. از نمونه‌های با غلظت ۳/۷۵، ۵، ۶/۲۵، ۷/۵، ۸/۷۵، ۱۱/۲۵، ۱۳/۷۵، ۱۶/۲۵ و ۱۷/۵ گرم بر لیتر برای آموزش و از سایر نمونه‌ها برای ارزیابی قابلیت پیشگویی روش‌های مختلف استفاده گردید.



شکل (۱): چگونگی اسکن محلول نمونه به طریق انعکاسی

که در رابطه (۲)  $C_p$  غلظت واقعی،  $C_p$  غلظت پیشگویی شده و  $E$  خطای نسبی می‌باشد.

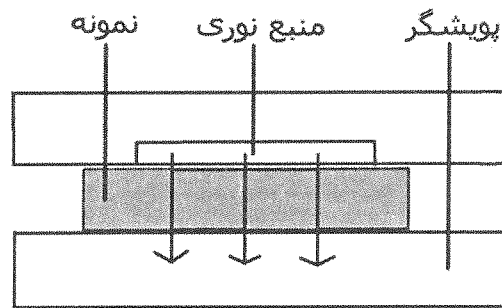
### ۳- بحث و نتایج

نتایج اندازه‌گیری غلظت محلول مواد رنگزای طبیعی به کمک پوشگر در روش‌های مختلف محاسباتی برای رونا، پوست انار و جاشیر به ترتیب در جداول ۲ تا ۴ آورده شده است. در جداول یاد شده نتایج بصورت شاخصه آماری این مقادیر از قبیل میانگین، انحراف معیار، ماکزیم و مینیم مقادیر خطای نسبی پیشگویی غلظت ارائه گردیده است. نتایج ارائه شده در این جداول به دو قسمت مجزا تقسیم شده است، این تقسیم‌بندی بر مبنای روش پوش محلول‌ها می‌باشد که روش بکار رفته شامل روش انتقالی و روش انعکاسی می‌باشد. در ستون اول جداول نوع فیلتر محاسباتی مورد استفاده نشان داده شده است. ستون دوم نشان‌دهنده تعداد پارامترهای مورد استفاده در رگرسیون می‌باشد. در ادامه مقادیر شاخصه‌های آماری خطای نسبی نشان‌دهنده شده است.

با توجه به جدول شماره ۲، برای رنگزای طبیعی رونا در روش رگرسیون معمولی به صورت انتقالی دیده می‌شود که در روش رگرسیون با سه پارامتر، میانگین خطا نسبی ۱۸/۵۷ می‌باشد که با افزایش تعداد پارامترها به میزان ۴، ۷ و ۸ عدد، میانگین درصد خطا به ترتیب ۹/۵۹، ۷/۰۸ و ۳/۹۳ درصد می‌گردد. همچنین با اعمال فیلتر سینوسی و توان ۱/۳ مقدار میانگین خطای نسبی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. بطوریکه در روش استفاده از فیلتر سینوسی و ۸ پارامتر، مقدار میانگین خطای نسبی برابر ۲/۷۷ درصد و برای فیلتر توان ۱/۳ برابر ۱/۹۶ درصد می‌باشد.

همچنین برای پوش در حالت انعکاسی با افزایش تعداد پارامترهای رگرسیون بدون فیلتر از ۳ عدد به ۸ عدد میانگین درصد خطای نسبی از ۱۹/۴۰ به ۳/۷۹ درصد، در روش رگرسیون به همراه فیلتر سینوسی از ۱۹/۵۷ به ۲/۰۹ درصد و در روش رگرسیون با فیلتر توان ۱/۳ از ۹/۳۹ به ۱/۵۸ درصد کاهش می‌یابد.

نتایج اندازه‌گیری غلظت ماده رنگزای طبیعی پوست انار در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به این جدول، برای پوش به روش انتقالی همانند رونا با افزایش تعداد پارامترهای رگرسیون چند جمله‌ای مقدار میانگین خطای نسبی کاهش می‌یابد. به گونه‌ای که با افزایش تعداد پارامترها از ۳ به ۸ عدد، مقدار میانگین خطای نسبی در روش رگرسیون چند جمله‌ای معمولی از ۱۸/۳۰ به ۲/۲۹ کاهش می‌یابد. همچنین اعمال فیلترهای محاسباتی (فیلتر سینوسی و توان ۱/۳) باعث افزایش



شکل (۲): چگونگی اسکن محلول نمونه به طریق انتقالی

برای برقراری ارتباط بین مقادیر RGB تصاویر نمونه‌های پوش شده و غلظت آنها، مدل‌های مختلفی از رگرسیون چندجمله‌ای استفاده گردید. مشخصات مدل‌های بکار رفته در رگرسیون و معادله (۱) در جدول شماره ۱ آورده شده است.

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix}_{(N \times 1)} = \begin{bmatrix} R_1 & G_1 & B_1 & \dots \\ R_2 & G_2 & B_2 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ R_n & G_n & B_n & \dots \end{bmatrix}_{(N \times K)} \times \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ \vdots \end{bmatrix}_{(K \times 1)} \quad (1)$$

در معادله یاد شده  $N$  تعداد نمونه‌ها و  $K$  تعداد عبارت‌های چند جمله‌ای به کار رفته می‌باشد.

در مرحله آموزش ضرایب چندجمله‌ای (ماتریس تبدیل) محاسبه می‌گردد. سپس به کمک ماتریس تبدیل غلظت مواد رنگزا بر اساس مقادیر RGB مربوطه محاسبه گردید. در ادامه برای بهبود نتایج فیلترهای سینوسی و توان ۱/۳ برای مقادیر RGB استفاده گرفت. در فیلتر سینوسی و توان ۱/۳ عبارت چند جمله‌ای به ترتیب  $f(\sin(R), \sin(G), \sin(B), m)$  و  $f(R^{1/3}, G^{1/3}, B^{1/3}, m)$  می‌باشد.

برای ارزیابی و مقایسه روش‌های مختلف از خطای نسبی (E) بر اساس رابطه (۲) استفاده گردید.

$$E = 100 \times \frac{|C_a - C_p|}{C_a} \quad (2)$$

جدول (۱): پارامترهای رگرسیون چند جمله‌ای

شماره	تعداد پارامتر (m)	عبارت چند جمله‌ای $f(R, G, B, m)$
۱	۳	R G B
۲	۴	1 R G B
۳	۷	1 R G B RR GG BB
۴	۸	1 R G B RR GG BB RGB

دقت و کاهش مقدار میانگین خطای نسبی می‌گردد. به نحوی که در روش رگراسیون به همراه فیلتر سینوسی از ۴۰/۳۳ به ۲/۰۹ و در روش رگرسیون با فیلتر توان ۱/۳ از ۱۶/۸۷ به ۱/۵۶ کاهش می‌یابد.

نتایج پیشگویی غلظت رنگزای طبیعی پوست انار در حالت انعکاسی نیز مشابه حالت انتقالی می‌باشد. بطوریکه در روش رگراسیون معمولی با افزایش تعداد پارامتر از ۳ عدد به ۸ عدد

میانگین مقدار خطای نسبی از ۲۰/۲۴ به ۲/۱۱ درصد کاهش می‌یابد. همچنین اعمال فیلترهای محاسباتی (فیلتر سینوسی و توان ۱/۳) باعث افزایش دقت و کاهش مقدار میانگین خطای نسبی می‌گردد. بطوریکه در روش رگراسیون به همراه فیلتر سینوسی از ۲۱/۹۶ به ۱/۷۲ و در روش رگرسیون با فیلتر توان ۱/۳ از ۱۱/۸۱ به ۱/۲۳ درصد کاهش می‌یابد.

جدول ۲. نتایج پیشگویی غلظت به روشهای مختلف رگرسیون ( خطای نسبی % ) رنگزای روناس

روش	تعداد پارامتر	روش انتقالی				روش انعکاسی			
		میانگین	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار
رگرسیون معمولی	۳	۱۸/۵۷	۴۸/۲۶	۰/۳۷	۱۴/۵۸	۱۹/۴۰	۴۳/۳۰	۲/۱۹	۱۳/۲۱
	۴	۹/۵۹	۱۸/۴۷	۰/۴۸	۶/۲۸	۱۲/۱۰	۱۵/۷۸	۱/۳۹	۵/۰۱
	۷	۷/۰۸	۱۷/۸۵	۰	۵/۹۴	۵/۶۱	۹/۳۲	۰	۳/۲۰
	۸	۳/۹۳	۱۰/۳۵	۰	۴/۹۱	۳/۷۹	۷/۱۲	۰	۲/۴۱
رگرسیون با فیلتر سینوسی	۳	۸۴/۶۶	۱۲۲/۳۴	۶/۱۶	۴۳/۲۲	۱۹/۵۷	۴۴/۵۶	۲/۳۰	۱۲/۵۴
	۴	۲۱/۲۳	۹۴/۴۰	۱/۱۷	۳۸/۱۵	۳/۰۸	۱۰/۶۹	۰/۱۶	۳/۸۸
	۷	۷/۷۲	۳۴/۴۳	۰	۱۲/۲۷	۲/۶۰	۱۲/۷۶	۰	۴/۴۴
	۸	۲/۷۷	۶/۰۷	۰	۲/۸۵	۲/۰۹	۱۲/۳۰	۰	۴/۲۱
رگرسیون با فیلتر توان ۱/۳	۳	۷۴/۴۰	۱۱۹/۳۷	۰/۱۱	۳۳/۵۰	۹/۳۹	۲۳/۷۶	۰/۴۳	۸/۴۱
	۴	۲۱/۲۳	۷۴/۴۰	۰/۱۷	۲۳/۱۵	۸/۰۸	۱۸/۶۹	۰/۱۹	۵/۸۸
	۷	۲/۲۹	۱۰/۰۱	۰	۳/۷۸	۵/۵۳	۱۰/۲۱	۰	۴/۵۰
	۸	۱/۹۶	۱۱/۵۳	۰	۳/۱۲	۱/۵۸	۸/۷۶	۰	۳/۸۴

جدول ۳. نتایج پیشگویی غلظت به روشهای مختلف رگرسیون ( خطای نسبی % ) رنگزای پوست انار

روش	تعداد پارامتر	روش انتقالی				روش انعکاسی			
		میانگین	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار
رگراسیون معمولی	۳	۱۸/۳۰	۳۹/۸۲	۱/۱۵	۱۳/۸۴	۲۰/۲۴	۴۳/۹۶	۰/۳۷	۴/۸۱
	۴	۶/۳۵	۱۲/۷۹	۱/۰۰۲	۴/۹۷	۱۲/۹۴	۱۹/۶۵	۰	۵/۸۵
	۷	۳/۵۷	۷/۳۷	۰	۲/۴۹	۵/۰۷	۱۵/۰۵	۰	۵/۶۵
	۸	۲/۲۹	۵/۳۰	۰	۱/۵۵	۳/۱۱	۱۱/۲۱	۰	۴/۱۴
رگراسیون با فیلتر سینوسی	۳	۴۰/۳۳	۷۸/۷۸	۸/۸۶	۲۲/۹۸	۲۱/۹۶	۴۷/۰۰	۰/۰۵	۱۷/۲۲
	۴	۵/۰۶	۱۰/۴۷	۰/۰۴	۳/۷۹	۳/۷۵	۱۱/۳۴	۱/۲۶	۲/۵۰
	۷	۲/۱۸	۵/۵۸	۰	۱/۷۵	۲/۹۱	۱۱/۸۵	۰	۴/۹۸
	۸	۲/۰۹	۳/۷۸	۰	۱/۱۴	۱/۷۲	۹/۴۹	۰	۳/۱۹
رگراسیون با فیلتر توان ۱/۳	۳	۱۶/۸۷	۲۱/۶۳	۰/۲۴	۴/۱۷	۱۱/۸۱	۲۲/۵۶	۰/۵۵	۷/۴۴
	۴	۱۰/۰۶	۱۸/۴۷	۰/۰۴	۳/۷۹	۳/۷۵	۱۰/۳۴	۱/۲۶	۴/۵۰
	۷	۲/۶۸	۱۰/۱۹	۰	۰/۹۷	۲/۱۳	۷/۱۹	۰	۳/۱۹
	۸	۱/۵۶	۲/۵۳	۰	۰/۶۴	۱/۲۳	۵/۱۶	۰	۱/۹۲

جدول شماره ۴ نشان‌دهنده نتایج اندازه‌گیری غلظت ماده رنگزای طبیعی جاشیر بوسيله پويشگر در دو حالت انتقالی و انعكاسی می‌باشد. در حالت انتقالی همانند مواد رنگزای قبلی با افزایش تعداد جملات رگراسیون چندجمله‌ای مقدار خطای نسبی کاهش می‌یابد. به شکلی که با افزایش تعداد پارامترها از ۳ به ۸ عدد مقدار میانگین خطای نسبی در روش رگراسیون چندجمله‌ای معمولی از ۲۷/۵۹ به ۲/۹۵ درصد کاهش می‌یابد. همچنین اعمال فیلترهای محاسباتی (فیلتر سینوسی و توان ۱/۳) باعث افزایش دقت و کاهش مقدار میانگین خطای نسبی می‌گردد. به طریقی که در روش رگراسیون با استفاده از فیلتر سینوسی از ۴۳/۹۲ به ۲/۵۶ درصد و در روش رگراسیون با فیلتر توان ۱/۳ از ۱۲/۹۹ به ۲/۵۲ درصد کاهش می‌یابد.

جدول ۴. نتایج پیشگویی غلظت به روشهای مختلف رگراسیون (خطای نسبی (% رنگزای جاشیر

روش	تعداد پارامتر	روش انتقالی				روش انعكاسی			
		میانگین	ماکزیم	مینیم	انحراف معیار	میانگین	ماکزیم	مینیم	انحراف معیار
رگراسیون معمولی	۳	۲۷/۵۹	۱۰۱/۹۴	۲/۳۰	۳۴/۹۸	۴۳/۸۹	۷۲/۰۵	۸/۲۳	۲۴/۸۲
	۴	۹/۲۳	۲۲/۶۲	۱/۳۳	۸/۱۲	۱۲/۱۵	۲۶/۵۹	۰/۱۶	۸/۰۸
	۷	۳/۰۲	۸/۱۲	۰	۳/۶۱	۵/۳۹	۱۶/۵۸	۰	۶/۷۲
	۸	۲/۹۵	۷/۴۱	۰	۳/۳۸	۳/۵۷	۹/۴۴	۰	۳/۴۹
رگراسیون با فیلتر سینوسی	۳	۵۳/۲۱	۸۵/۴۴	۰/۹۸	۲۹/۰۷	۴۳/۹۲	۷۲/۷۵	۷/۷۱	۲۲/۰۸
	۴	۵/۵۸	۱۹/۲۰	۰/۱۴	۷/۴۱	۵/۶۴	۹/۶۲	۰/۲۱	۲/۵۶
	۷	۳/۱۹	۱۴/۷۸	۰	۵/۱۹	۳/۴۶	۷/۸۴	۰	۲/۶۵
	۸	۲/۵۴	۱۲/۳۲	۰	۴/۵۲	۲/۵۶	۶/۰۳	۰	۲/۱۸
رگراسیون با فیلتر توان ۱/۳	۳	۷/۵۹	۳۸/۵۳	۰/۱۲	۱۳/۰۸	۱۲/۹۹	۴۶/۴۱	۰/۰۴	۱۵/۳۷
	۴	۶/۵۸	۳۹/۲۰	۰/۱۴	۳/۴۱	۱۲/۶۴	۲۷/۶۲	۰/۲۱	۴/۵۶
	۷	۳/۱۸	۷/۲۶	۰	۲/۶۱	۳/۱۶	۶/۱۷	۰	۲/۴۶
	۸	۲/۱۸	۴/۳۹	۰	۱/۸۵	۲/۵۲	۵/۲۷	۰	۲/۱۲

گروه نمونه آموزش و آزمون آورده شده است. نتایج تخمین غلظت به روش جذبسنجی برای مقایسه با دقت روش معرفی شده به تفکیک نوع رنگزا بصورت میانگین درصد خطای نسبی مربوط به نمونه‌های گروه آزمون در شکلهای ۳ تا ۵ نشان داده شده است. در این نمودارها مقادیر خطای نسبی نشان داده شده در حالت استفاده از ۸ پارامتر در رگراسیون می‌باشد.

در ادامه برای ارزیابی قابلیت اندازه‌گیری غلظت مواد رنگزای طبیعی به وسیله پويشگر و مقایسه روش معرفی شده با روش متداول اسپکتروفوتومتری، غلظت نمونه‌ها پس از عمل فیلتراسیون که برای کاهش و حذف ذرات معلق در محلول انجام گرفت کاهش داده شد. سپس غلظت محلول‌ها به روش متداول و به کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر و براساس قانون بیرلامبرت تخمین زده شد، که در جدول ۵ مقادیر خطای نسبی برای دو

جدول ۵. نتایج تخمین غلظت به روش اسپکتروسکوپی (خطای نسبی (%)

	آموزش				آزمون			
	میانگین	انحراف معیار	ماکزیم	مینیم	میانگین	انحراف معیار	ماکزیم	مینیم
روناس	۵/۲۳	۵/۴۴	۱۲/۴۴	۰/۳۲	۶/۷۷	۵/۷۳	۱۵/۸۵	۰/۰۹
پوستانار	۹/۸۰	۸/۵۵	۲۳/۹۹	۳/۳۷	۶/۵۰	۶/۸۲	۱۶/۸۷	۰/۱۱
جاشیر	۹/۲۱	۹/۸۴	۲۸/۵۱	۱/۱۵	۷/۴۶	۵/۵۰	۱۶/۳۰	۱/۲۲

#### ۴- نتیجه گیری کلی

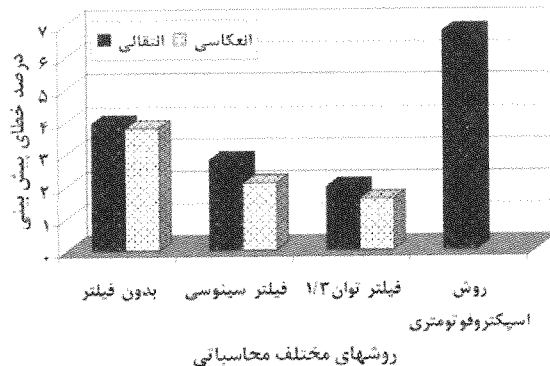
تخمین غلظت محلول مواد رنگزای طبیعی به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر به دلیل وجود نرات معلق همراه با خطا می‌باشد. در این کار تحقیقاتی تلاش گردید از دستگاه پوشگر در دو حالت انتقالی و انعکاسی برای تخمین غلظت مواد رنگزای طبیعی روناس، پوست انار و جاشیر استفاده گردد. از روش رگرسیون چندجمله‌ای با ۳ تا ۸ جمله برای تبدیل مقادیر RGB تصویر پوشش شده به مقادیر غلظت ماده رنگزای طبیعی مربوطه استفاده گردید. در این روش تلاش گردید با اعمال فیلترهای مختلف نظیر فیلتر سینوسی و توان ۱/۳ قابلیت روش تخمین با پوشگر بهبود داده شود. در ادامه قابلیت تخمین غلظت مواد رنگزا به کمک پوشگر با روش معمولی جذب سنجی مقایسه گردید.

برطبق نتایج بدست آمده می‌توان چنین نتیجه گرفت که در صورت افزایش تعداد پارامترهای چندجمله‌ای در رگرسیون دقت روش بهبود می‌یابد. اما این افزایش نیازمند وجود نمونه‌های آموزش به تعداد پارامترها می‌باشد که در این تحقیق به علت در نظر گرفتن ۸ نمونه برای بدست آوردن تابع ماتریس تبدیل، در بیشترین حالت تعداد پارامترها در چند جمله‌ای ۸ در نظر گرفته شد.

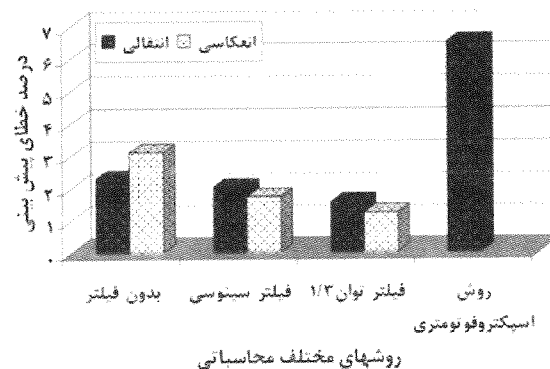
با توجه به نتایج بدست آمده، تخمین غلظت مواد رنگزای طبیعی به کمک پوشگر به دلیل خطای تخمین کمتر و قیمت پایین‌تر نسبت به روش اسپکتروفوتومتر در مورد این محلول‌ها برتری دارد. همچنین شایان گفتن است که تخمین به کمک پوشگر نسبت به روش اسپکتروفوتومتر آسان‌تر می‌باشد. از اینرو این روش یک روش مناسب برای تخمین غلظت محلول‌های مواد رنگزای طبیعی محسوب می‌شود.

#### ۵- مراجع

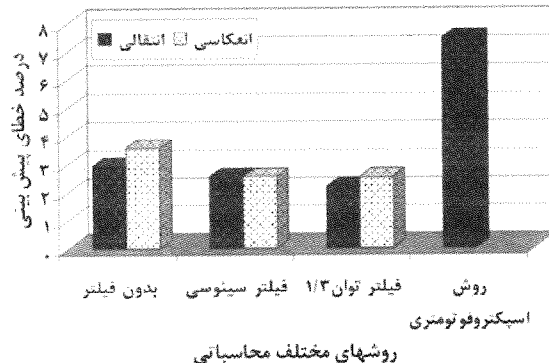
- [۱] Michael Hollas, J. ; "Modern Spectroscopy" 4th Edition, wiley interScience, November 2003
- [۲] جهانشاهی افشار، ویکتوریا؛ "فرآیند و روشهای رنگزایی یاف با مواد طبیعی"؛ انتشارات دانشگاه هنر، تهران، ۱۳۷۵.
- [۳] Andersson. M. "Topics in Color Measurement", Linköping Studies in Science And Technology, Licentiate Thesis No. 1143, 2004
- [۴] R. Kang. H. "Color Scanner Calibration", Journal of Imaging Science and Technology, Vol. 36, No. 2, pp. 162-170, 1992.
- [۵] امیرشاهی. س. ح. ، آگهیان. ف.، "فیزیک رنگ محاسباتی" انتشارات ارکان، پاییز ۸۶



شکل (۳): مقایسه نتایج تعیین غلظت بوسیله پوشگر و اسپکتروفوتومتر مربوط به رنگزای طبیعی روناس



شکل (۴): مقایسه نتایج تعیین غلظت بوسیله پوشگر و اسپکتروفوتومتر مربوط به رنگزای طبیعی پوست انار



شکل (۵): مقایسه نتایج تعیین غلظت بوسیله پوشگر و

اسپکتروفوتومتر مربوط به رنگزای طبیعی جاشیر

همانگونه که در شکل‌های ۲ تا ۵ نشان داده شده است، دقت تخمین در روش استفاده از پوشگر بیشتر از روش معمولی جذب‌سنجی برای این محلول‌ها می‌باشد. بطوریکه روش استفاده از پوشگر در تخمین غلظت محلول مواد رنگزای طبیعی حتی در حالت رگرسیون معمولی و بدون استفاده از فیلترهای محاسباتی دارای درصد خطای نسبی کمتری می‌باشد.

- Vrhel. M.J. , Trussell H.J. , "Color Device Calibration: A Mathematical Formulation" ,IEEE Transactions on Image Processing, 1999. [۸]
- Leon K. , Mery D., Pedreschi F., Leon J., "Color measurement in L\*a\*b\* units from RGB digital images" Food Research International 39 (2006) 1084–1091. [۹]
- A. Shams Natri, S. H. Amirshahi, "A Scanner Based Neuro-Fuzzy Technique for Color Evaluation of Textile Fabrics", Amir-Kabir Scientific journal, 18, 67, 2008. [۱۰]
- Andersson, M. "Guidelines for Objective Print Quality Measurements using Flatbed Scanners", Proceedings of the TAGA 2004 Conference, San Antonio 2004, USA. [۶]
- Hung, P.C. "Colorimetric Calibration for Scanners and Media", Proceedings of SPIE. Vol. 1448: Camera and Input Scanner Systems, pp. 164-174, 1991. [۷]