



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

مقایسه دو مدل برای جذب زیستی سرب با استفاده از هسته زیتون فراوری شده شیمیایی و فراوری نشده: روش طرح آزمایشات و سیستم استنتاج تطبیقی فازی

چکیده:

هدف اصلی این کار، برآزش نتایج حاصل از جذب زیستی سرب با هسته زیتون فراوری شده و فراوری نشده با استفاده از دو مدل می باشد: میانگین های روش طرح فاکتوریل و شبکه عصبی فازی. به طور هماهنگ، OS با سه عامل شیمیایی اصلاح شد: HNO_3 , H_2SO_4 و $NaOH$. این اصلاح به منظور بهبود قابلیت جذب زیستی آن بود. متغیر های عملیاتی بررسی شده شامل غلظت عامل شیمیایی، اسیدیته و غلظت اولیه سرب (50-250 mg/L) و پاسخ مطالعه شده، ظرفیت جذب زیستی (میلی گرم بر گرم بود).

نتایج حاصل از روش طرح تمام فاکتوری نشان داد که همه این عوامل اثر قابل توجهی بر روی پاسخ مطالعه شده داشتند. نتایج آزمایش با معادله درجه دوم برآزش شد که اثر هر فاکتور و اثرات متقابل آن ها را نشان می دهد. اگرچه کاربرد مدل شبکه عصبی فازی امکان پیش بینی نتایج را برای متغیر های وابسته به صورت تابعی از شرایط عملیاتی مورد استفاده با خطای کم تر از 5 درصد در همه موارد دارد. نتایج کلی زمانی متفاوت بود که جاذب زیستی با تیمار اسیدی یا با تیمار بازی فراوری شد اگرچه برای کل تیمار ها، بیشترین ظرفیت جذب زیستی با غلظت 2 مول حاصل شد. در نهایت، مدل ها مقایسه شده و نتایج نشان داد که مدل ANFIS به طور بهتری داده های آزمایشی را با مقادیر R2 بالاتر پیش بینی می کند.

لغات کلیدی: جذب زیستی، تیمار شیمیایی، سرب، هسته زیتون، مدل سازی طرح آزمایشی، مدل سازی فازی عصبی

1- مقدمه

آلودگی محیط زیست با فلزات هستهین سمی در سرتاسر دنیا همراه با پیشرفت صنعت در حال افزایش است. یون های فلزات هستهین قادر به تجمع در زنجیره غذایی می باند که خطرات زیادی را برای سلامت بشری ایجاد کرده است (1). سازمان بهداشت جهانی توصیه می کند که ماکزیمم سطح غلظت قابل قبول سرب در آب آشامیدنی حدود 10 میکرو گرم بر لیتر است. با در نظر گرفتن لزوم کاهش انتشار این فلزات به محیط زیست

برای کاهش اثرات منفی آن و افزایش سلامت انسان، بررسی و جست و جوی روش های اقتصادی و زیست محیطی برای نکه داشتن عوامل آلاینده در دامنه مجاز ضروری به نظر می رسد(2). در این زمینه، جذب زیستی می تواند جایگزینی برای حذف سرب باشد زیرا مزایایی قابل توجهی در مقایسه با روش های سنتی به خصوص از نظر زیست محیطی و اقتصادی(3-6) دارد.

تعداد زیادی از مواد پسماند کشاورزی به عنوان جاذب های فلزات هسته‌پهین مورد استفاده قرار گرفته اند: برگ چای و کاکتوس، پوست بادام، پسماند های هرس درخت زیتون، مخروط، زیره سیاه، پوست نارگیل، ریشه های سنبل آبی، پسماند های برنج و غیره(7-10). مواد پسماند کشاورزی دارای پروتین، پلی ساکارید و لیگنین می باشند که حاوی گروه های عاملی نظیر هیدروکسیل، کربونیل، کربوکسیل، نقش مهمی برای جذب فلز ایفا می کند(10-11). به علاوه، تیمار یا فراوری شیمیایی پسماند ها، تعیین کننده افزایش تمرکز سایت های فعال و قابلیت جذب پسماند است(12-20). ریورا و همکاران 1986 اولین بار از هسته زیتون فراوری شده شیمیایی برای بدست آوردن گرین فعال برای حذف سرب از آب استفاده کردند. آن ها هسته هسته زیتون خام را آسیاب و غربال کرده و آن ها را با 10 درصد اسید سولفوریک فراوری کردند. آن ها با افزایش ظرفیت جذب زیستی مواجه شدند. اخیرا کربن های فعال به عنوان جاذب های منحصر به فرد به دلیل سطح مقطع بالا، ساختار متخلخل، ظرفیت جذب بالا و درجه بالایی واکنش سطحی مطرح می باشند(22). در حال حاضر نانولوله ها به عنوان جاذب های فلزات سنگین محسوب می شوند. ولی این مواد پر هزینه بوده و دارای فرایند تهیه و ساخت پیچیده ای می باشند. استفاده از پسماند های شیمیاییکی از ارزان ترین و موثر ترین فناوری ها برای حذف یون های فلزات از فاضلاب می باشند. در این مطالعه هسته زیتون فراوری شده شیمیایی و فراوری نشده باری حذف یون های سرب مقایسه می شوند.

اسپانیا، ایتالیا و یونان حدود 97 درصد تولید روغن زیتون اروپا را بر عهده دارند که اسپانیا تقریبا 62 درصد این مقدار را تولید می کند. امروز تولید روغن زیتون با حجم بالایی تولید هسته ی زیتون همراه است. با توجه به این که کشت طیون پنجمین محصولزراعی اسپانیاست(تولید زیتون اسپانیا در 2011 برابر با 7 میلیون تن بود) حجم بالایی از هسته ی زیتون به عنوان پسماند کشاورزی صنعتی در این کشور تولید می شود. هسته ی زیتون به عنوان یک محصول پسماند وجود دارد که هیچ گونه ی صنعتی برای ان گزارش نشده است بنابراین این هسته

بدون کنترل یا سوزانده می شود و یا دفع می شود. اگر چه امروزه هسته ی زینوت به عنوان یک سوخت استفاده می شود حجم بالایی از این پسماند بدون کاربرد باقی مانده است. بنابراین بهره برداری، مطالعه ی دیگر استفاده های هسته ی زیتون و مسائل زیست محیطی ان می تواند اهمیت بالایی داشته باشد (18).

مطالعات ستنی در طی توسعه ی یک فرایند که شامل تغییر یک فاکتور در یک زمان است با ثابت در نظر گرفتن همه ی موارد انجام شده اند به منظور بررسی تاثیر متغیر های عملیاتی مختلف در یک پاسخ مورد مطالعه، طرح فاکتوریل آزمایشی و تحلیل اماری با سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی در این مطالعه استفاده شد. طرح فاکتوریل (25) شامل تغییر همه ی متغیر ها از یک آزمایش به آزمایش دیگر بود. طرح تعیین کننده ی این است که کدام فاکتور را بیشترین اثر را بر روی پاسخ دارد و چگونه اثر یک فاکتور با سطح فاکتور های دیگر تغییر می کند (26). تحلیل اماری با سیستم استنتاج فازی تطبیقی عصبی توسط جانگ (27) استفاده شده و به طور موفق برای شبیه سازی و کنترل فرایند های مختلف به کار گرفته شد.

اهداف اصلی این مطالعه به شکل زیر است:

- مطالعه ی اثر تیمار شیمیایی هسته ی زیتون برای بهبود قابلیت جذب زیستی
- مطالعه ی همه ی اثرات متقابل و اثرات فردی بر روی ظرفیت جذب زیستی 3 پارامتر عملیاتی: غلظت عامل شیمیایی اسیدیته و غلظت اولیه ی سرب.
- مدل سازی داده های آزمایشی با دو مدل: طرح تمام فاکتوریل برای به دست آوردن معادله ی رگرسیون درجه دوم و سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی
- تشریح ظرفیت جذب زیستی در دو مدل ریاضی
- مقایسه ی هر دو مدل با نمایش داده های مدل سازی شده و آزمایشی

2. مواد و روش ها

2.1 بیوماس

هسته ی زیتون یک پسماند تولید شده در فرایند استخراج زیتون است. OS یا هسته ی زیتون برای این مطالعه توسط کارخانه ی استخراج روغن در جین اسپانیا به دست آمد. هسته ها از فرایند تفکیک کیک زیتون با دستگاه پیتینگ صنعتی حاصل شد. مواد جامد با آسیاب تحلیلی آسیاب شده و اجزای کمتر از 0.001 میلیمتر برای

مطالعه انتخاب شد در نهایت این اجزا با محلول های شیمیایی مختلف برای افزایش ظرفیت جذب زیستی فراوری شدند.

2.1.1 اصلاح با تیمار شیمیایی بیوماس خام

اصلاح شیمیایی هسته ی زیتون با استفاده از 3 محلول شیمیایی انجام شده است. اسید نیتریک، اسید سولفوریک و هیدروکسید سدیم. محلول های فروری و تیمار غلظت های مختلفی برای تحلیل اثر غلظت عامل شیمیایی بر روی ظرفیت جذب زیستی و درصد حذف سرب داشتند. یک لیتر از این محلول ها و 10 گرم از بیوماس از فلاسک در دمای ثابت ترکیب شد. بیوماس و محلول شیمیایی به مدت 24 ساعت با هم در تماس بودند. سپس بیوماس به طور مکرر با اب مقطر تا زمان ثابت باقی ماندن PH شسته شدند. در نهایت هسته ی زیتون فراوری شده ی شیمیایی در اون 40 درجه به مدت 24 ساعت خشک شده و سپس در کانتینر هرمتیک برای استفاده های بعدی قرار داده شد.

2.2 تهیه ی محلول سرب

محلول ذخیره ی 2000 mg/L Pb(II) توسط انحلال (mg/L Pb(II) در 500 میلی لیتر اب مقطر به دست آمد. سپس محلول ها با غلظت های مختلف با رقیق سازی محلول سرب بالا تهیه شدند.

2.3 مطالعه ی هسته ی زیتون فراوری شده ی شیمیایی و فراوری نشده

چون مطالعه ی پسماند یک بعد معم برای تجزیه تحلیل رفتار ان است خلاصه ای از این نتایج مطالعات قبلی بر روی هسته ی زیتون در جدول 5 نشان داده شده است

2.4 تست جذب زیستی بیج

برای مقایسه ی دو مدل پاسخ ظرفیت جذب زیستی برای هسته ی زیتون فراوری شده ی شیمیایی و فراوری نشده برآزش یافتن برای این آزمایشات جذب زیستی با تکرار انجام شد. سپس ان ها در یک سیستم بیج قرار گرفته و در دمای ثابت نگه داری شدند. 1 گرم بیوماس و 100 میلی لیتر محلول سرب در فلاسک ترموپلاستیک ترکیب شد. آزمایشات با اسیدیته ی 5 و 0.1 HCL N و 0.1 NOH انجام شدند. بعد از 120 دقیقه غلظت مایع سرب با استفاده از طیف سنج جذب زیستی اندازه گیری شد. ظرفیت جذب زیستی در حالت تعادل q_e (mg/g) بر اساس معادله ی بیلان وزنی برای غلظت یون فلزی به دست آمدند

$$q_e = \frac{(C_i - C_e) \cdot V}{m} \quad (1)$$

که C_i غلظت اولیه ی سرب C_e غلظت سرب تعادلی در محلول V حجم محلول و M وزن جاذب زیستی است.

2.5 مطالعه ی فاکتور های عملیاتی

پارامتر هایی نظیر اسیدیتته، زمان تماس، دوز جاذب زیستی و دما از اهمیت بسیاری در فرایند جذب زیستی برخوردار است. و با این حال این پارامتر ها برای هسته ی زیتون فراوری شده مطالعه شدند. در این مطالعه هدف اصلی بررسی اثرات تیمار شیمیایی بر روی هسته ی زیتون بود و پارامتر هایی با بیشترین اثر بر فراوری جاذب های زیستی در این مطالعه بررسی شدند لذا معرف شیمیایی مورد استفاده، غلظت محلول شیمیایی برای فرآوری و اسیدیتته به عنوان فاکتور ها انتخاب شدند. سایر پارامتر ها بر اساس نتایج مطالعات قبل ثابت بودند.

2.5.1 اثر نوع تیمار شیمیایی

ابتدا اثر نوع تیمار شیمیایی هسته ی زیتون مطالعه شد. برای این بعد بهتر است که بدانیم تیمار موجب بهبود جذب زیستی فرایند سرب می شود. آزمایشات با 3 معرف انجام شدند. دو اسید (HNO_3 and H_2SO_4) و یک باز ($NaOH$) و سپس تغییر ظرفیت جذب زیستی بررسی شد. این آزمایشات با شرایط زیر انجام شدند: غلظت شیمیایی $1 M, pH 5$ و غلظت اولیه ی سرب $150 mg/L$ ؛ غلظت جاذب زیستی $10 g/L$ ؛ زمان تماس 120 دقیقه دما 25 درجه و حجم محلول 100 میلی لیتر.

2.5.2 تحلیل 3 فاکتور عملیاتی: غلظت معرف شیمیایی اسیدیتته و غلظت اولیه ی سرب

بعد از مشخص شدن این که تیمار هسته ی زیتون موجب بهبود جذب زیستی فرایند سرب می شود هسته ی زیتون های فراوری شده ی شیمیایی برای تحلیل دیگر فاکتور های عملیاتی انتخاب شدند. ابتدا اثر هر فاکتور بر ظرفیت جذب زیستی بررسی شد سپس اثر همه ی فاکتور ها همراه با ظرفیت جذب زیستی با استفاده از دو مدل تجزیه تحلیل شد.

جدول 1: مقادیر و سطوح پارامتر های عملیاتی

Factors	Levels		
	-1	0	+1
A: Concentration of treatment solution (M)	0.1	1	2
B: pH	3	4	5
C: Initial concentration of lead (mg/L)	50	150	250

2.6 مدل سازی توسط طرح فاکتوریل FFD

برای توسعه ی مدلی برای جذب زیستی سرب فاکتور های تحلیل شده مطالعه شدند. طرح های فاکتوریل امکان مطالعه ی همزمان اثرات بر روی بهینه سازی فرایند خاص را با حداقل تعداد آزمایش می دهند (33،34) این همچنین عوامل مهم و موثر بر پاسخ و نیز شیوه ی تغییر اثرات فاکتور را با سطح فاکتور های دیگر به دست می دهد. اثرات کمیت های متفاوتی هستند که بیانگر شیوه ی تغییر پاسخ با تغییر میزان سطح یک یا چند فاکتور است. همچنین طرح های فاکتوریل امکان اندازه گیری اثرات متقابل را بین هر یک از گروه های فاکتور ها را می دهد.

تحلیل فاکتور ها بر روی داده های به دست آمده با هسته ی زیتون فراوری شده ی شیمیایی توسط HNO_3 , H_2SO_4 and NaOH و ظرفیت جذب زیستی سرب به صورت پاسخ انجام شد. فاکتور های مطالعه شده شامل موارد زیر بودند غلظت محلول شیمیایی برای تیمار A اسیدپته B و غلظت اولیه ی سرب و C سطوح تدوین شده «پایین متوسط و بالا. سپس 27 اندازه گیری برای انجام طراحی فاکتوریل انتخاب شد. جدول 1 مقادیر و سطح پارامتر های عملیاتی را نشان می دهد. تحلیل طراحی فاکتوریل برای Os با 3 تیمار انجام شد و نتایج مقایسه شدند.

2.7 تحلیل اماری با سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی

مدل سازی فازی یک ابزار قوی برای توصیف رفتار غیر خطی در سیستم های کمپلکس است. از 1980 میلادی تئوری منطق فازی به طور موفقیت آمیزی توسط تعدادی از محققان برای شبیه سازی و کنترل تخمیر و فرایند های هضم بی هوازی استفاده شده است (35). شبکه های عصبی که با قیاس با کارکرد نورون های عصبی در موجودات زنده ایجاد شده اند (36)، یک ابزار همه دیگر برای مدل سازی سیستم های پیچیده می باشند. پادایم

ANFIS یک شبکه‌ی انتشار چند لایه‌ی ای است که در آن شبکه‌ی عصبی به صورت معادل با مدل فازی سوژن عمل می‌کند. شبکه‌ی تطبیقی می‌تواند سیستم فازی را با الگوریتم انتشار پسین بر اساس مجموعه‌ی ای از داده‌های ورودی و خروجی تعدیل کند. این می‌تواند به سیستم فازی قابلیت یادگیری بدهد (29) ساختار و روش یادگیری ANFIS مطالعات دیگر بررسی شده است. تلفیق سیستم‌های فازی و شبکه‌های عصبی مزیت‌های زیادی را داشته و می‌تواند یک ابزار مدل‌سازی قوی را در اختیار بگذارد (29). با این حال محدودیت اصلی مدل ANFIS در زمانی است که تعداد داده‌های آزمایشی ناکافی باشد برای همین منظور برای به دست آوردن یک مدل خوب بهتر است تا از تعداد زیادی داده با شرایط عملیاتی مختلف استفاده شود. از سوی دیگر همگرایی مدل ANFIS برای حل مسئله کافی است زیرا پارامترها ممکن است ثابت نباشد. ANFIS از الگوریتم یادگیری استفاده می‌کند که موجب کاهش فضای تحقیق و سریع‌تر شدن همگرایی الگوریتم می‌شود. وقتی داده‌های آزمایشی با مدل ANFIS برازش یافتند همگرایی راه حل می‌تواند برای کاهش خطا استفاده شود. با این حال اگر چه این می‌تواند موجب بهبود عملکرد شود ولی پایداری کمی را در پاسخ نشان می‌دهد برای اجتناب از این مسئله تحمل خطا بایستی به دلیل به دست آوردن مدل تعریف شد تا استفاده از مدل معادل با صفر (38). در این مورد خطای ثابت 0.0001 بود.

جدول 2: مقادیر و شطوح پارامترهای عملیاتی

Fuzzy Rule	Constant	Levels		
		A	B	C
FR ₁	C ₁	Low	Low	Low
FR ₂	C ₂	Low	Low	Medium
FR ₃	C ₃	Low	Low	High
FR ₄	C ₄	Low	Medium	Low
FR ₅	C ₅	Low	Medium	Medium
FR ₆	C ₆	Low	Medium	High
FR ₇	C ₇	Low	High	Low
FR ₈	C ₈	Low	High	Medium
FR ₉	C ₉	Low	High	High
FR ₁₀	C ₁₀	Medium	Low	Low
FR ₁₁	C ₁₁	Medium	Low	Medium
FR ₁₂	C ₁₂	Medium	Low	High
FR ₁₃	C ₁₃	Medium	Medium	Low
FR ₁₄	C ₁₄	Medium	Medium	Medium
FR ₁₅	C ₁₅	Medium	Medium	High
FR ₁₆	C ₁₆	Medium	High	Low
FR ₁₇	C ₁₇	Medium	High	Medium
FR ₁₈	C ₁₈	Medium	High	High
FR ₁₉	C ₁₉	High	Low	Low
FR ₂₀	C ₂₀	High	Low	Medium
FR ₂₁	C ₂₁	High	Low	High
FR ₂₂	C ₂₂	High	Medium	Low
FR ₂₃	C ₂₃	High	Medium	Medium
FR ₂₄	C ₂₄	High	Medium	High
FR ₂₅	C ₂₅	High	High	Low
FR ₂₆	C ₂₆	High	High	Medium
FR ₂₇	C ₂₇	High	High	High

A: محل تیمار B: اسیدپتته C: غلظت اولیه ی سرب

تغییرات در ظرفیت جذب زیستی توسط هسته ی زیتون فراوری شده ی شیمیایی و فراوری نشده به صورت تابعی از متغیرهای عملیات جذب زیستی را می توان با مدل پیشنهادی جانگ و همکاران تجزیه تحلیل کرد:

$$y_e = \frac{\sum_{l=1}^m y^l \cdot \left[\prod_{i=1}^n \mu_{Fi}^l(x_i, \theta_i^l) \right]}{\sum_{l=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \mu_{Fi}^l(x_i, \theta_i^l) \right]} \quad (2)$$

که مقدار پاسخ پیش بینی شده L تعداد سطح M تعداد قوانین N متغیرهای عملیاتی ورودی y^l دفازیرو $\mu_{Fi}^l(x_i, \theta_i^l)$ تابع عضو است. برای ساده سازی مطالعه در این مطالعه عبارت $\left[\prod_{i=1}^n \mu_{Fi}^l(x_i, \theta_i^l) \right]$ با FR_l نشان داده می شود. زیرا بیانگر تابع فازی بوده و با N تابع بیان می شود بنابراین عبارت 2 با عبارت زیر جایگزین می شود:

$$y_e = \frac{\sum_{l=1}^m y^l \cdot FR_l}{\sum_{l=1}^m FR_l} \quad (3)$$

در این مطالعه 3 متغیر عملیاتی و 3 سطر به ازای هر متغیر تحلیل شدند. بنابراین معادله ی 3 به صورت زیر بازنویسی می شود:

$$y_e = \frac{\sum_{l=1}^{27} c_l \cdot FR_l}{\sum_{l=1}^{27} FR_l} \quad (4)$$

که c_l پارامتر ثابت منفعل به ازای هر متغیر و هر فصل است. بعلاوه هر FR_l ترکیبی از سطوح برای هر متغیر (غلظت محلول شیمیایی برای تیمارهای (A), pH(B) and initial Pb(II)) است. روش های مختلف برای تعیین داده های فزی برای قوانین ورودی وجود دارد (خطی، قوسی، چند جمله ای لگاریتمی و غیره) و این ها برای تک تک متغیرهای مستقل هستند. هر قاعده ی فازی تعیین کننده ی نوع سهم این متغیرها در خروجی نهایی است.

جدول 2 ترکیب سطوح و متغیرها را نشان می دهد که یک قاعده و یک ثابت نشان داده است.

برای باز تولید و تکرار داده های آزمایشی توابع عضو گوسی استفاده شده است. توابع عضوی ساده را می توان استفاده کرد (عضو خطی) با این حال تحلیل قبلی نشان داد که حداقل خطای برازشی با توابع گوسی به دست

امد بنابراین ان ها به این دلیل انتخاب شدند که برای ارزش یابی مدل استفاده می شوند. عبارات ریاضی برای توابع عضو گوسی و هر سطح به شکل زیر است:

$$\mu_{low} = \exp\left(-0.5 \cdot \left(\frac{x - x_{low}}{L}\right)^2\right) \quad (5)$$

$$\mu_{medium} = \exp\left(-0.5 \cdot \left(\frac{x - x_{medium}}{L}\right)^2\right) \quad (6)$$

$$\mu_{high} = \exp\left(-0.5 \cdot \left(\frac{x - x_{high}}{L}\right)^2\right) \quad (7)$$

که x_{low} , x_{medium} and x_{high} مقادیر هر سطح (پایین متوسط و بالا) برای هر متغیر و L عرض توزیع گوسی است.

با همه ی ملاحظات قبلی معادله 4 را می توان به صورت زیر نوشت:

$$y_e = \frac{c_1 \cdot FR_1 + c_2 \cdot FR_2 + c_3 \cdot FR_3 + \dots + c_{25} \cdot FR_{25} + c_{26} \cdot FR_{26} + c_{27} \cdot FR_{27}}{FR_1 + FR_2 + FR_3 + \dots + FR_{25} + FR_{26} + FR_{27}} \quad (8)$$

جدول 3: نتایج آزمایشی تست های جذب زیستی برای هسته ی زیتون فراوری شیمیایی در هر شرایط عملیاتی

	$C_{\text{Chemical solution (M)}}$	pH	$C_{\text{initial Pb(II) (mg/L)}}$	HNO ₃ -OS	H ₂ SO ₄ -OS	NaOH-OS
1	0.1	3	50	1.49	0.92	4.01
2	0.1	3	150	2.21	1.10	9.52
3	0.1	3	250	2.67	1.09	12.97
4	0.1	4	50	2.97	2.43	5.42
5	0.1	4	150	3.62	3.40	14.39
6	0.1	4	250	4.22	4.10	22.70
7	0.1	5	50	3.15	2.79	4.59
8	0.1	5	150	7.47	5.53	14.68
9	0.1	5	250	5.25	3.59	22.85
10	1	3	50	0.61	1.57	3.84
11	1	3	150	1.29	1.83	10.29
12	1	3	250	2.15	1.89	14.42
13	1	4	50	2.29	1.81	5.49
14	1	4	150	3.75	3.71	14.78
15	1	4	250	5.07	3.80	25.30
16	1	5	50	4.01	2.02	5.00
17	1	5	150	3.87	5.07	14.21
18	1	5	250	5.18	8.70	20.49
19	2	3	50	5.55	3.29	3.94
20	2	3	150	12.13	5.66	10.64
21	2	3	250	18.09	7.34	13.85
22	2	4	50	6.34	4.28	5.62
23	2	4	150	15.32	9.08	17.02
24	2	4	250	25.22	11.8	25.48
25	2	5	50	4.95	4.52	4.78
26	2	5	150	14.55	13.09	14.38
27	2	5	250	25.10	16.47	24.40

جدول 4: داده های آزمایشی مورد استفاده برای اعتبار سنجی و ارزیابی مدل ANFIS پیشنهادی

Run	Operational conditions			Biosorption capacity (mg/g)		
	C _{Chemical solution} (M)	pH	C _{initial Pb(II)} (mg/L)	HNO ₃ -OS	H ₂ SO ₄ -OS	NaOH-OS
1	0.5	3.5	100	3.32	2.25	8.95
2	0.5	4.5	200	7.73	5.01	19.46
3	1.5	3.5	200	14.47	7.68	19.01

همه ی پارامترها و ثابتها در معادله ی 8 با استفاده از ابزار ویرایش انفیست در نرم افزار مطلب به دست آمدند در نهایت مدل مورد استفاده در 3 تست متفاوت برای داده های آزمایشی برای آموزش مول اعتبار سنجی شد.

3. نتایج و بحث

3.1. آزمون جذب زیستی

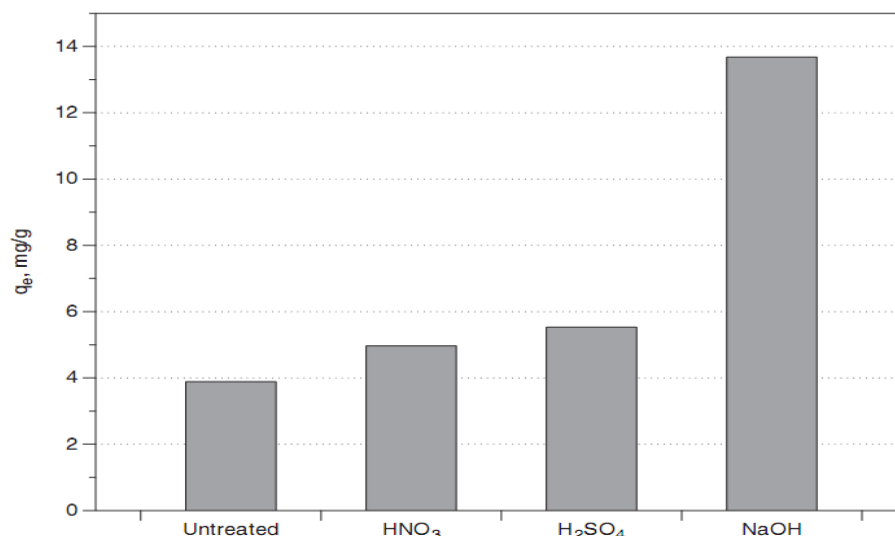
جدول 3 همه ی نتایج به دست آمده در تست جذب زیستی را نشان می دهد. همه ی آزمایش با تکرار انجام شده و مقادیر میانگین استفاده شد. این داده های آزمایشی بر اساس طرح تمام فاکتوریل و تحلیل اماری با سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی برازش شدند. در نهایت 3 تست دیگر برای اعتبار سنجی مدل ANFIS به دست آمده استفاده شد. مقادیر در دامنه های متغیر برای هر عملیاتی با هدف توصیف کل دامنه های مورد مطالعه انتخاب شدند.

3.2. مطالعه ی فاکتورهای عملیاتی

3.2.1. اثر نوع تیمار شیمیایی

OS با 3 تیمار شیمیایی برای مطالعه ی اثر تیمار شیمیایی در ظرفیت جذب زیستی فراوری شد. داده های به دست آمده از مطالعات تیماری با داده های به دست آمده از OS فراوری نشده مقایسه شدند. نتایج در شکل 1 نشان داده شده است که در آن نتایج به دست آمده با هسته ی زیتون فراوری نشده نیز مدل سازی شدند همه ی تیمارها موجب بهبود ظرفیت جذب زیستی OS می شوند. بهبود ظرفیت جذب زیستی سرب با تیمارهای هسته ی زیتون با توجه به هسته ی زیتون فراوری نشده به ترتیب **27.76, 29.66, 251.03%** توسط **HNO₃-OS, H₂SO₄-OS** و **NaOH-OS** بود. اگر چه همه ی تیمارها موجب بهبود همه ی نتایج در مقایسه با OS فراوری نشده شدند بهبود هسته ی زیتون فراوری شده با HCL بسیار پایین بود که در این مورد تیمار عملی نبود بر اساس مطالعات زیر ای تیمار حذف شد و اثر دیگر فاکتورها با تیمار شیمیایی هسته ی زیتون با عوامل دیگر بررسی شد.

شکل 1: اثر نوع تیمار شیمیایی در ظرفیت جذب زیستی سرب با هسته ی زیتون فراوری شده و نشده (غلظت عامل شیمیایی 1 مول اسیدیته 5 و غلظت اولیه ی سرب 150 میلی گرم بر لیتر غلظت جاذب 10 گرم بر لیتر)



بهبودها و افزایشهای مشاهده شده هنگام تیمار جاذب زیستی با عوامل شیمیایی مشابه با نتایج به دست آمده به دست محققان دیگر بود. شاروف و وادیا (14) بهترین بهبود بیوماس مرده ی *Mucorhiemalis* را با Na_2CO_3 به دست آوردند. شاروف و ویدا (41) قابلیت جذب زیستی بیوماس مرده ی *Rhizopusarrhizus* را با اسید سیتریک بهبود بخشید. اوفاماجا و نادو 42 ظرفیت جذب زیستی مخروط کاج را با $\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH و NaOH بهبود بخشید و بهترین نتایج را با تیمار NaOH نشان داد و اصقر و باتر (15) ظرفیت جذب زیستی بیوماس پسماند مرکبات را اسید استیک گزارش داد.

بسیاری از این مطالعات گزارش کردند که تیمار شیمیایی بیوماس موجب تغییر ظرفیت جذب زیستی جاذب، تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن می شود. به همین دلیل تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی جاذب زیستی برای درک مکانیسم پیوندی فلزات با بیوماس لازم است.

جدول 5 خلاصه ای از مطالعه ی خصوصیات هسته ی زیتون و تغییرات اصلی ایجاد شده با 3 تیمار را نشان می دهد اگر چه تغییرات اصلی در کارهای قبلی مطالعه شدند از جمله افزایش حذف جذب حجم تخلخل بالا و تعداد نقاط پیوندی و اتصالی بالا، اصلاح ترکیب شیمیایی و کاهش مقدار TOC محلول حاصله بعد از جذب سرب بسیار قابل توجه بوده است.

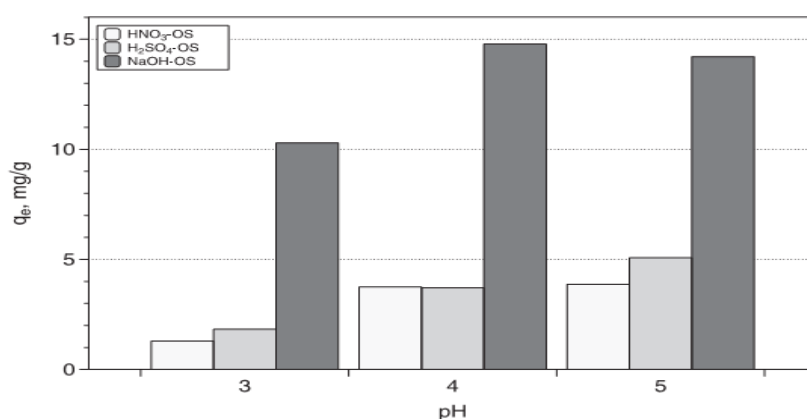
برای تحلیل نتایج کاهش وزن طی تیمار نیز در نظر گرفته شد و مشاهده گردید که اسید سیتریک در لیگنین محلول است و موجب افزایش غلظت در وزن هولوسلولوز می گردد. با این حال اسید سولفوریک اثر مخالفی نشان داد و بیشتر در سلولوز قابل انحلال بوده و بنابراین درصد باقی مانده ی لیگنین افزایش می یابد. تیمار با هیدروکسید سدیم به عنوان یک تیمار واکنشی انتخاب می شود اما می تواند در هولوسلولوز نیز استفاده شود.

3.2.2 مطالعه ی اثرات فاکتور ها

• اثر اسیدیته ی محلول

ازمایشات با OS فراوری شده با 3 عامل شیمیایی در غلظت تیمار 1 مول و غلظت اولیه ی سرب 150 میلی گرم بر لیتر در 3 اسیدیته ی 3، 4، و 5 برای مطالعه ی اثر این فاکتور بر قابلیت جذب زیستی هسته ی زیتون توسط سرب انجام شد. نتایج در شکل 2 نشان داده شده است.

شکل 2: اثر اسیدیته در جذب زیستی سرب (غلظت عامل شیمیایی 1 مول، غلظت اولیه سرب 150 گرم بر لیتر غلظت جاذب زیستی 10 گرم بر لیتر)



در شکل 2 می توان مشاهده کرد که روند کلی قابلیت جذب زیستی اسیدیته افزایش می یابد. اسیدیته به شدت بر ظرفیت جذب زیستی اثر گذاشته و دلایل مختلفی نیز به آن نسبت داده شده است. بنابراین کنگرون و همکاران نشان دادند که اسیدیته ی محلول اثر معنی داری بر جذب فلز سنگین دارد زیرا مقدار پروتون زایی سطحی عامل جذب و درجه ی یونیزاسیون آن را کنترل می کند. اما مقدار اسیدیته ی محلول به شدت نه تنها به انفصال و جدا شدن سطح بیوماس بلکه بر یونیزاسیون و گونه زایی فلزات در محلول ابی اثر دارد. نمودار گونه های سرب در محلول نشان می دهد که سرب رسوب یافته به صورت $Pb(OH)_2$ در اسیدیته ی بالاتر از 5.5 می

تواند ترکیبی از قابلیت میکرو رسوب و جذب زیستی داشته باشد. نمودار نشان می دهد که وقتی اسیدیته کمتر از 5.5 است گونه ی اصلی در محلول سرب 2 است. به همین دلیل مطالعه ی اسیدیته برای پایین تر از 5.5 انجام شد.

جدول 5: خصوصیات فیزیکی شیمیایی جاذب های زیستی (18)

NaOH-OS	H ₂ SO ₄ -OS	HNO ₃ -OS	هسته ی زیتون تیمار نشده	تیمار هسته ی زیتون
0.2543 0.000463 72.7604 <1	0.5127 0.001880 146.6377 <1	2.4468 0.003839 62.7546 <1	0.1625 0.001840 453.0230 <1	سطح مقطع BET m ² /g حجم منفذ cm ³ /g قطر خلل و فرج Å اندازه ذره mm
19.59 4.98 26.81 60.82	9.22 0.60 33.58 56.36	20.45 0.84 19.55 61.88	12.16 0.76 25.68 54.70	ترکیب محلول اب داغ % درصد ترکیب استخراجی EB لیگنین هولوسلولوز
- 78.68 17.80 3.52 0.272 - 0.272 6.77	- 83.95 16.03 0.02 0.1097 0.0735 0.0362 2.95	- 79.00 20.96 0.04 0.0767 0.0662 0.0105 2.97	5.43 74.66 19.54 0.37 0.0694 0.0370 0.0324 5.17	رطوبت مواد فرار کربن تثبیت شده خاکستر تیتراسیون پانتیومتری سایت های قابل تیتراسیون کل

				سایت های قابل تیتراسیون اسیدی
				سایت های قابل تیتراسیون بازی
				نقطه ی بار صفر
17.870 2.789 15.080	11.250 0.000 11.250	9.183 0.000 9.183	36.840 0.022 36.820	TC, mg C/L TOC, mg C/L TIC, mg C/L
36.8	14.3	13.9	-	کاهش بیوماس
3336.8 9.51 2915.5 3.77 - - 1225.1 6.58 1028.5 18.74	3338.9 3.74 2894.3 2.30 1729.3 2.02 1227.2 4.70 1027.9 12.20	3331.9 3.78 2898.6 2.32 1737.1 1.87 1228.2 4.27 1027.5 11.53	3330.0 3.69 2930.1 2.42 1730.4 3.13 1233.0 6.02 1028.7 13.14	O-H Wavenumber, cm ⁻¹ A, % C-H Wavenumber, cm ⁻¹ A, % C=O Wavenumber, cm ⁻¹ A, % C-O Wavenumber, cm ⁻¹ A, % C-O Wavenumber, cm ⁻¹ alcoholic A, %

• اثر غلظت سرب اولیه

سه هسته ی زیتون تیمار شده ی شیمیایی با غلظت 1 مول به عنوان جاذب زیستی برای مطالعه ی اثر غلظت اولیه ی سرب استفاده شدند. آزمایش در 3 غلظت (50, 150 and 250 mg/L) انجام شده و مقادیر جذب ظرفیت زیستی به دست آمد. نتایج در شکل 3 نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که به طور کلی ظرفیت جذب زیستی با افزایش غلظت اولیه ی سرب افزایش می یابد و این ناشی از نیروی محرک در ظرفیت جذب زیستی می باشد که خود تفاضل بین غلظت تعادل و غلظت اولیه است. بنابراین هنگامی که این نیرو افزایش می یابد پاسخ نیز افزایش می یابد. این نیرو زمانی بالاست که غلظت محلول بیشتر از غلظت تعادل است نتیجه می توان گرفت که ظرفیت جذب زیستی با افزایش غلظت اولیه ی سرب تا زمان رسیدن به غلظت تعادل افزایش می یابد.

• اثر غلظت عامل شیمیایی

هسته ی زیتون در غلظت های مختلف عوامل شیمیایی 0.1، 1 و 2 مول برای مطالعه ی اثر غلظت محلول فراوری شد (شکل 4)

مشاهده گردید که تیمار با NaOH نتایج و همخوانی خوبی را با غلظت های تست شده دارد با این وجود برای تیمار اسیدی این رفتار متفاوت بود. این رفتار در یک مول موجب بهبود ظرفیت جذب زیستی با توجه به تیمار 0.1 مول نمی شود و حتی موجب بدتر شدن آن می شود. با این حال تیمار دو مول به شدت موجب بهبود نتایج یعنی 94.78 و 136.71 درصد نسبت به تیمار 0.1 مول برای $\text{HNO}_3\text{-OS and H}_2\text{SO}_4$ می گردد. تیمار شیمیایی موجب تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی جاذب زیستی شده و سطح مقطع گروه های عاملی و ترکیبات را نیز تغییر می دهند. بنابراین با تیمار 1 مول، این خصوصیات تغییر می یابد اما برای بهبود آن کافی نیست. تیمار اسید موجب انحلال ترکیبات لیگنین می شود ولی این کاهش با افزایش سطح مقطع جبران نمی شود همچنین تغییراتی در جاذب زیستی مشاهده می شود. با این حال تعادل حاصل بین اثرات منفی و مثبت در حدود صفر است و برای همین هیچ گونه بهبودی در ظرفیت جذب زیستی دیده نمی شود. هنگامی که جاذب زیستی در دو مول فراوری شد بیان خالص مثبت می باشد و ظرفیت جذب زیستی به شدت افزایش می یابد.

4. تحلیل اماری

4.1 مدل سازی با طرح تمام فاکتوریل

وقتی که تک تک فاکتور ها مطالعه شدند دو مول برای مطالعه ی همه ی فاکتور ها با هم و به دست آوردن معادلات پیش بینی برای محاسبه ی جذب زیستی به کار برده شدند (غلظت تیمار اسیدیته و غلظت اولیه ی سرب) و مقادیر پاسخ مطالعه ظرفیت جذب زیستی برای هر یک از تیمار ها (HNO_3 , H_2SO_4 and NaOH) در جدول 3 نشان داده شد.

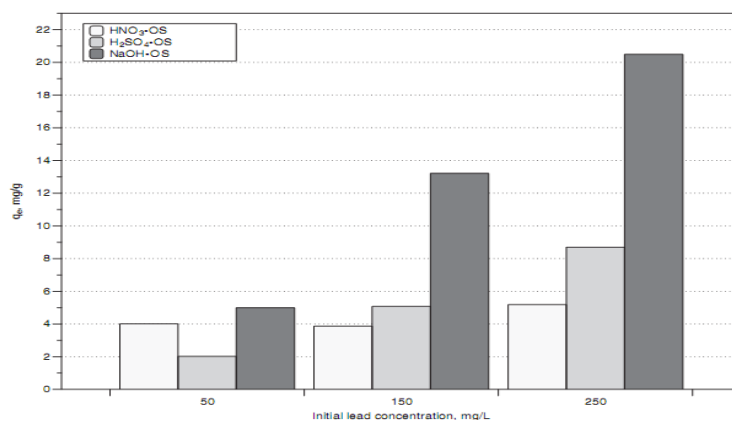
از این نتایج آزمایشی می توان به تحلیل های زیر رسید:

• نمودار پارتو

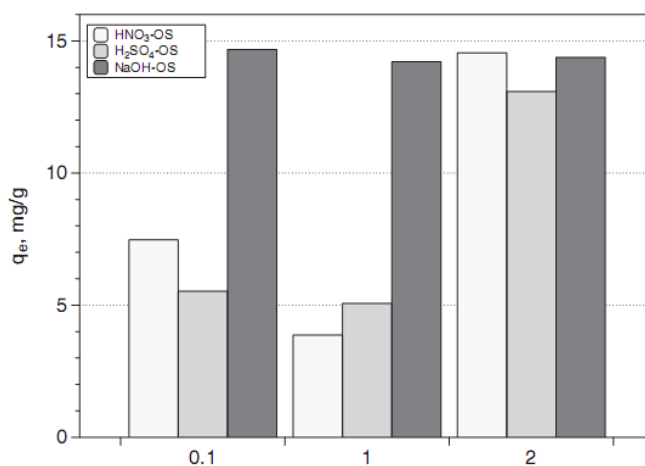
تحلیل پارتو نشان دهنده ی میزان اثر هر یک از متغیر ها بر فاکتور پاسخ است. و برای محاسبه ی اثر هر یک از آن ها بر پاسخ استفاده شد (44). نتایج به دست آمده برای ظرفیت جذب زیستی و برای هسته ی زیتون فراوری شده ی شیمیایی تحلیل پارتو در شکل 5 نشان داده شده است.

شکل 3: غلظت اولیه ی سرب در جذب زیستی سرب نسبت به ظرفیت جذب زیستی (غلظت عامل شیمیایی 1

مول اسیدیته 5 غلظت جاذب زیستی 10 گرم بر لیتر



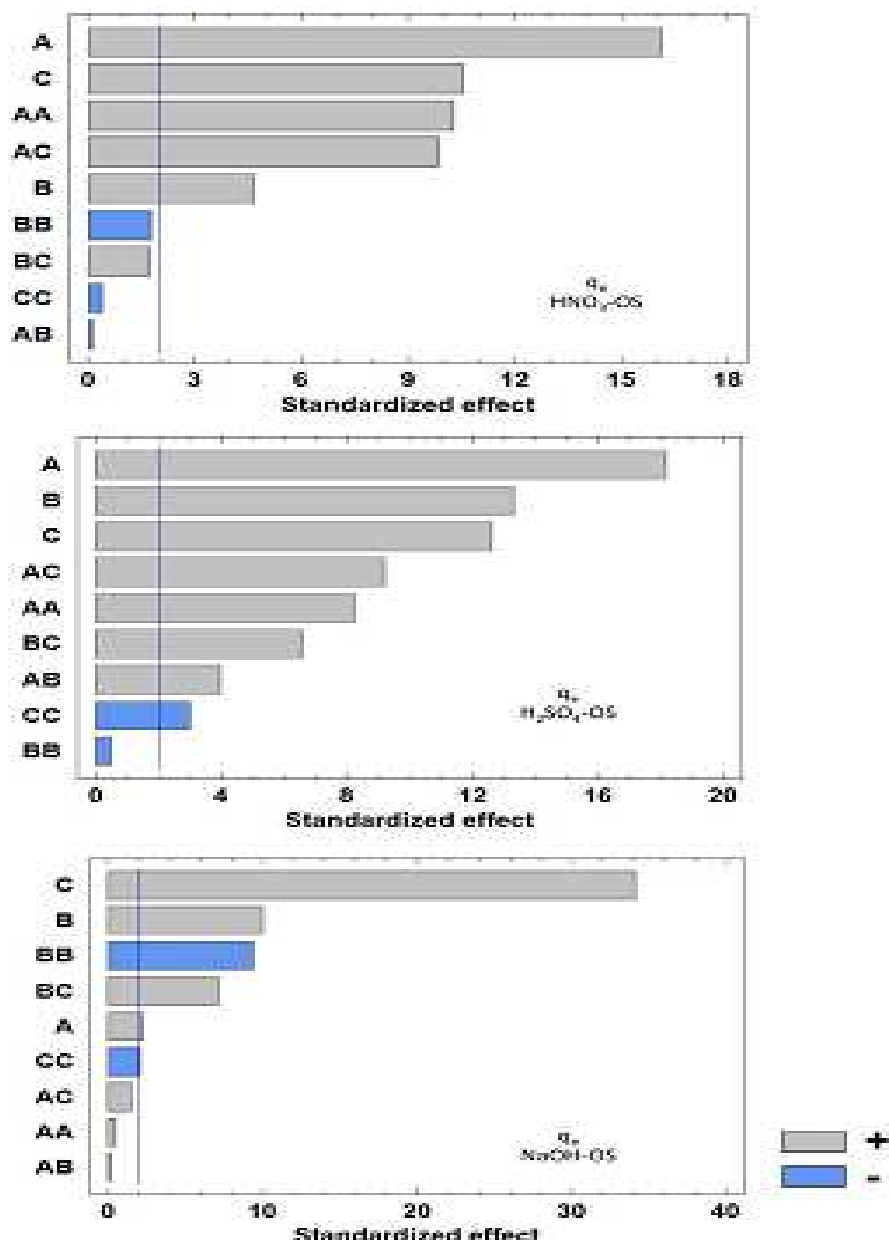
شکل 4: اثر عامل شیمیایی در ظرفیت جذب زیستی (اسیدیته 5 غلظت اولیه سرب 150 میلی گرم بر لیتر غلظت جاذب زیستی 10 گرم بر لیتر)



در نمودار پارتو خط عمودی نشان دهنده ی حداقل اثر معنی دار بوده و طول ستون افقی متناسب با درجه معنی داری برای هر اثر است (45) عوامل منفی نشان دهنده ی اثر مطلوب و انتاگونیست بر روی پاسخ است در حالی که فاکتور های مثبت نشان دهنده ی اثر سینرژیک و مطلوب بر روی آن هاست (46). شکل 5 نشان می دهد که برای $\text{HNO}_3\text{-OS}$ همه ی معادلات خطی اثر معنی داری بر فرایند جذب زیستی دارد. با این حال معادلات کوادراتی اثر متفاوتی دارند در حالی که معادله ی کوادراتیک a دارای اثر بالایی بر روی پاسخ است سایر معادلات دارای اثر پایینی می باشند حتی اثر آن ها پایین تر از خط عمودی است. اثرات متقابل بین فاکتور ها نیز معرفی شده است زیرا در بسیاری از موارد اثر هر فاکتور تحت تاثیر اثر فاکتور دیگر است. چندین مطالعه نشان دادند که اثرات متقابل بین دو فاکتور بر روی پاسخ معنی دار است [1,47,48]. برای مثال اسیدیته بر روی فرایند جذب زیستی اثر دارد زیرا اسیدیته ی محلول بر اساس معادلات مختلف متفاوت است و اثر فاکتور های دیگر نیز ممکن است نسبت به اثر اسیدیته متفاوت باشد. و این نشان دهنده ی اثر بالای تیمار به خصوص زمانی که هسته ی

زیتون به HNO_3 فراوری شود است. در نهایت توجه داشته باشید که غلظت اولیه ی سرب برای اثر مثبتی بر قابلیت جذب زیستی بر اساس تعاریف معادلات مختلف است. اثرات مشابه برای H_2SO_4-OS گزارش شده است و اهمیت بالای معادلات خطی و اثر پایین معادلات کوادراتی گزارش شده است با این حال متفاوت است. این اثر سینرژیک را گزارش کرده است. از این رو برای هسته ی زیتون فراوری شده ی شیمیایی و اسیدی مهم ترین اثر غلظت تیمار است در حالی که برای نوع بازی بیشترین اثر غلظت اولیه ی سرب است .

شکل 5: نمودار استاندارد پاراتو ظرفیت جذب زیستی برای OS فراوری شده با H_2SO_4 and $NaOH$



• تحلیل رگرسیون

داده های به دست آمده با معادله ی رگرسیون درجه دوم به شکل زیر برازش شده اند:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot A + a_2 \cdot B + a_3 \cdot C + a_4 \cdot A^2 + a_5 \cdot A \cdot B + a_6 \cdot A \cdot C + a_7 \cdot B^2 + a_8 \cdot B \cdot C + a_9 \cdot C^2 \quad (9)$$

که Y ظرفیت جذب زیستی A و B و C فاکتور های مطالعه شده A_0 میانگین جهانی و a_i ضرایب رگرسیون است. معادله ی برازش یافته برای هر OS جایگزین ضرایب a_i در معادله 9 با مقادری متناظر از جدول 9 شدند. معادله ی به دست آمده ی انحراف معیار جدول 6 90 درصد در همه ی نمونه های مطالعه شده بودند. ان ها نشان دادند که مدل داده ها برازش خوبی داشته و همبستگی خوبی بین مقادیر پیش بینی شده و مشاهده شده ی ظرفیت جذب وجود داشت. الموز (49) نشان داد که ضریب همبستگی بایستی حداقل 80 درصد برای برازش او به مدل باشد بنابراین مقادیر (R^2) به دست آمده نشان داد که مدل های رگرسیون به خوبی قادر به توجیه ارتباط بین فاکتور ها و پاسخ های مطالعه شده با معادلات درجه دوم بودند. از سوی دیگر مقادیر (R^2) نشان داد که مدل با بهترین نتایج برای هسته ی زیتون فراوری شده با $NaOH$ است که بالاترین مقدار (R^2) را برای پیش بینی ظرفیت جذب زیستی نشان می دهد.

جدول 6: مقادیر ثابت برای مدل برازش یافته ی دو پاسخ و برای تک تک هسته های زیتون فراوری شده

مدل برازش یافته پاسخ ها			ثابت
HNO_3-OS	H_2SO_4-OS	$NaOH-OS$	
			a_0
			a_1
3.950	4.003	15.654	a_2
10.467	5.620	0.998	a_3
3.038	4.121	4.544	a_4
6.843	3.906	15.530	a_5
11.540	4.409	0.400	a_6
-0.112	1.499	-0.082	a_7
7.840	3.48	0.815	a_8
-1.987	-0.261	-7.393	a_9
-1.360	2.482	3.987	R^2
-0.457	-1.614	-1.630	
0.915	0.954	0.971	

ANOVA •

تحلیل واریانس برای مطالعه ی معنی داری مدل انجام شد بنابراین ANOVA برای به دست آوردن مجموع مربعات، درجه ی آزادی میانگین مربعات، نسبت F مقدار p با برازش معادله ی چند جمله ای درجه ی دوم از داده های آزمایشی انجام شد. نتایج ضرایب مدل و تحلیل واریانس در جدول 7 نشان داده است.

از جدول 7 می توان مشاهده کرد که ضرایب برای تثرات اصلی برای هر دو تیمار اسیدی معنی دار است در حالی که برای تیمار های بازی اثر A معنی دار نبود. می توان گفت که هرچه بزرگی مقدار F بالا باشد و مقدار P کمتر باشد ضریب معنی دار تر خواهد بود (50). بنابراین می توان مشاهده کرد که متغیر با بیشترین اثر غلظت تیمار برای تیمار اسیدی است. بعلاوه همه ی ضرایب همبستگی بالاتر از 90 برازش خوب مدل اماری را نشان دادند.

4.2 سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی

ظرفیت جذب زیستی OS شیمیایی با استفاده از توابع عضویت مختلف (خطی، گوسی و غیره) پیش بینی شده و خطای حداقل با مقادیر گوسی بدست آمد. از این روی توابع عضویت گوسی برای سه متغیر عملیاتی انتخاب شد. جدول 8، مقادیر پارامتر ثابت را برای هر متغیر و هر سطح برای مدل های عصبی فازی نشان می دهد. مقادیر پهنای توزیع تابع گوسی برای هر متغیر و هر سطح و مقادیر عر متغیر برای هر سطح، موسوم به قواعد تابع است. مقادیر پیش بینی شده برای ظرفیت جذب زیستی با معادله 8 بدست آمد.

جدول 9 مقادیر بدست آمده را برای پهنای توزیع گوسی هر فاکتور (غلظت محلول تیماری، اسیدیته و غلظت اولیه سرب) و هر سطح نشان می دهد. از این روی، بدست آوردن توابع گوسی متناظر برای هر سطح لازم است (معادله 5-7).

بر اساس معادله 8 و عبارت های قبلی و ضرایب، ظرفیت جذب زیستی پیش بینی شده را می توان بدست آورد. نتایج متغیر وابسته بدست آمده با مدل در جدول 8 نشان داده شده است. برآورد های مدل های فازی عصبی مقداری انحراف از مقادیر آزمایشی نشان دادند و میزان خطا برابر با 4.1، 1.4 و 5 درصد برای OS فراوری شده شیمیایی با HNO_3 ، H_2SO_4 و $NaOH$ بود. از این روی مدل ریاضی می تواند برآورد های خوبی از نتایج آزمایشی ارائه کند. به علاوه، مدل سازی فازی عصبی امکان تفسیر فیزیکی ثابت ها را می دهد. برای مثال، مقدار پیش بینی شده بدست آمده در غلظت تیماری بالا، اسیدیته زیاد و غلظت سرب بالای اولیه با پارامتر 27 معادله مطابق است. این خود یک مزیت اضافی نسبت به مدل های چند جمله ای است.

برای تعیین مقادیر ظرفیت جذب زیستی پیش بینی شده و مقادیر بهینه، سطوح پاسخ با مقدار یکی از متغیر های مستقل به شکل نمودار نشان داده شد. ظرفیت جذب با استفاده از نمودار غلظت تیمار در برابر اسیدیته برای هر یک از سطوح غلظت اولیه سرب مطالعه شد. متغیر ثابت در هر مدل از شکل 6 اثر بیشتری بر روی فرایند داشت. نتایج در شکل 6 نشان داده شده است.

جدول 7: تحلیل واریانس برای سه OS فراوری شده شیمیایی

Factor	HNO ₃ -OS					H ₂ SO ₄ -OS					NaOH-OS				
	SS	Df	MS	F-R	P-V	SS	Df	MS	F-R	P-V	SS	Df	MS	F-R	P-V
A	985.96	1	985.96	259.61	0.000	284.3	1	284.3	329.3	0.000	9.0	1	9.0	4.8	0.034
B	83.1	1	83.1	21.9	0.000	152.9	1	152.9	177.1	0.000	185.9	1	185.9	99.8	0.000
C	421.5	1	421.5	111.0	0.000	137.3	1	137.3	159.1	0.000	2170.6	1	2170.6	1165.3	0.000
A ²	399.5	1	399.5	105.20	0.000	58.3	1	58.3	67.6	0.000	0.5	1	0.5	0.3	0.614
A · B	0.1	1	0.1	0.0	0.889	13.5	1	13.5	15.6	0.000	0.0	1	0.0	0.0	0.884
A · C	368.8	1	368.8	97.1	0.000	72.6	1	72.6	84.2	0.000	4.0	1	4.0	2.1	0.251
B ²	11.8	1	11.8	2.92	0.095	0.2	1	0.2	0.2	0.629	164.0	1	164.0	88.0	0.000
B · C	11.1	1	11.1	2.9	0.095	36.9	1	36.9	42.8	0.000	95.4	1	95.4	51.2	0.000
C ²	0.6	1	0.6	0.2	0.687	7.8	1	7.8	9.1	0.004	8.0	1	8.0	4.3	0.045
Total Error	163.3	43	3.8			37.1	43	0.9			80.1	43	1.9		
Total Error (corr.)	2445.8	53				800.9	53				2717.4	53			

جدول 8: پارامتر ثابت بدست آمده برای OS فراوری شده شیمیایی در هر شرایط عملیاتی

Run	HNO ₃ -OS	H ₂ SO ₄	NaOH-OS
1	0.0000	0.7429	2.517
2	0.7072	0.7358	5.082
3	1.003	0.785	3.573
4	2.925	2.205	4.852
5	3.6100	1.884	14.44
6	4.232	4.548	4.232
7	2.799	2.583	2.799
8	10.94	5.74	10.94
9	5.649	3.239	5.649
10	0.000	1.014	2.071
11	0.000	0.4111	5.30
12	0.000	0.00	3.957
13	1.646	0.7831	1.646
14	2.082	1.895	15.81
15	2.172	0.000	25.88
16	5.709	1.103	2.899
17	2.015	2.166	2.03
18	2.37	6.333	0.000
19	4.44	3.074	2.178
20	8.829	5.208	4.82
21	10.48	6.861	2.586
22	5.783	3.983	4.90
23	15.26	6.746	17.30
24	25.84	8.051	26.01
25	3.342	3.968	1.027
26	13.93	13.46	1.879
27	25.70	16.70	20.56

جدول 9: مقادیر بدست آمده برای پهنای توزیع گوسی

Factors	Levels		
	Low	Medium	High
A: Concentration of treatment solution	42.46	42.46	42.46
B: pH	0.3104	0.3146	0.7715
C: Initial concentration of lead	0.2967	0.2302	0.6358

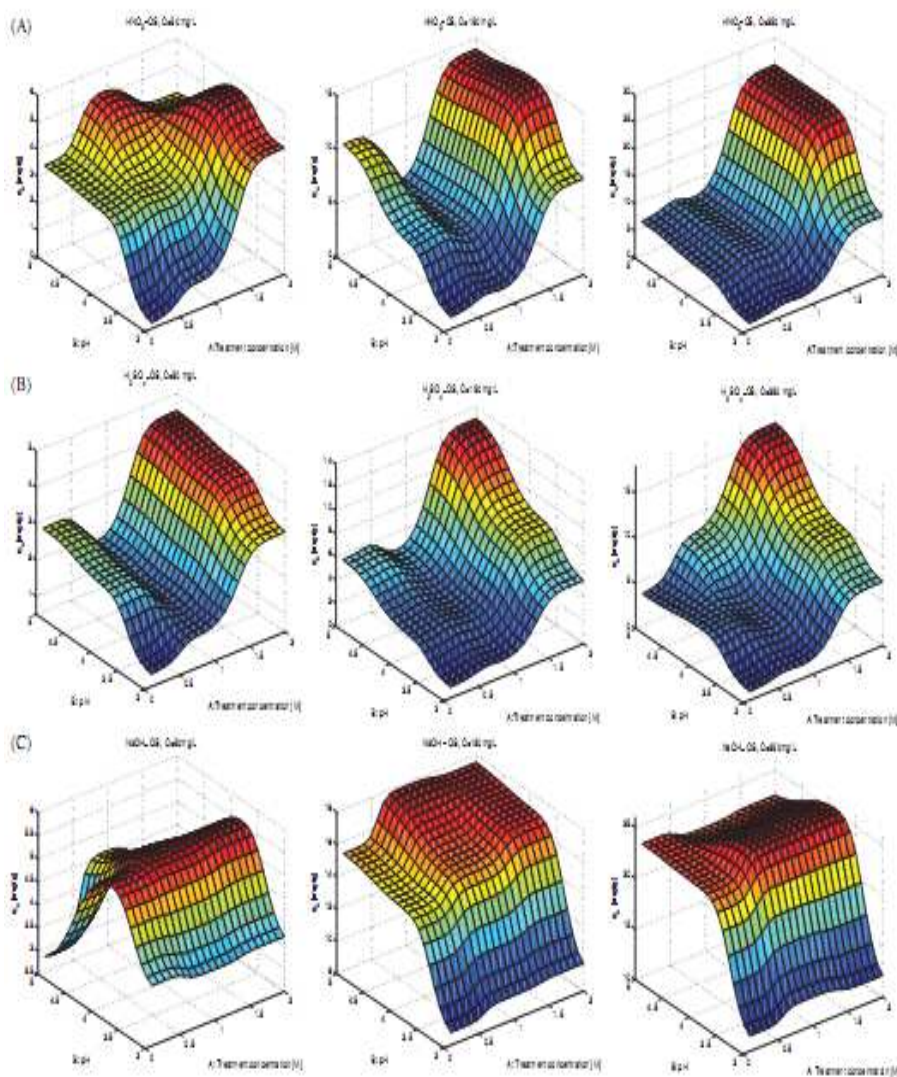
ظرفیت جذب زیستی به طور قابل ملاحظه ای بستگی به غلظت اولیه ی سرب دارد که در مقیاس تولیه مشاهده شد. بعلاوه نشان داده شده است که تغییرات در پاسخ زمانی بیشتر است که غلظت اولیه ی سرب افزایش یابد به این ترتیب در غلظت اولیه سرب 50 میلی گرم بر لیتر دامنه ی ظرفیت جذب زیستی بین 0 و 6، 0 و 5 و 2.5 و 5.5 برای OS فراوری شده ی شیمیایی برای HNO_3 , H_2SO_4 and NaOH به ترتیب بود بر عکس در غلظت اولیه ی 250 میلی گرم بر لیتر این مقادیر از 0 تا 30 و 0 تا 10 . 10 تا 25 برای OS فراوری شده ی شیمیایی با HNO_3 , H_2SO_4 and NaOH بود. بعلاوه برای ماکزیمم مقدار C، مقدار O در سطوح بالای هر دو متغیر دیده شد. این نشان می دهد که هر چه شرایط برای فرایند جذب زیستی بهتر باشد از اسیدته برابر با 5 و غلظت بالای محلول تیماری حاصل می شود. این مقدار پیک در NaOH-OS مشاهده نشد و این ناشی از بار جاذب زیستی است که تولید رسوب فلز هنگام بالابودن غلظت اولیه ی سرب می کند. به این ترتیب می توان از لزوم استفاده از کنترل کننده ی PH در طی فرایند آگاه شد و همچنین بایستی مقادیر کم PH هنگام بالابودن غلظت اولیه ی سرب استفاده کرد تا از فرایند های رسوب اجتناب کرد. بعلاوه همین اثر بر بخش 3.2.2 مشاهده گردید.

وقتی OS با محلول بازی تیمار شد جذب زیستی بالای آن در همه ی غلظت ها تستس شد با این حال برای تیمار اسیدی این رفتار متفاوت بود تیمار در یک مول موجب کاهش ظرفیت جذب زیستی با توجه به تیمار در 0.1 مول شد. با این حال مقادیر ظرفیت جذب زیستی برای غلظت دو مول با افزایش این غلظت افزایش یافت. این می تواند ناشی از تیمار شیمیایی باشد که موجب تغییر خصوصیت فیزیکی و شیمیایی جاذب و تغییر گروه های عاملی و ترکیب مواد می شود بنابراین با تیمار 1 مول تغییر این خصوصیات ممکن است کافی نباشد برای مثال تیمار اسیدی موجب انحلال ترکیبات لیگنین می شود اما این کاهش با افزایش سطح مقطع جبران نمی شود. همچنین یک تغییر در جاذب زیستی وجود دارد اما تعادل خالص بین اثر مثبت و منفی حدود صفر است و

برای همین ظرفیت جذب زیستی افزایش نمی یابد وقتی که جاذب زیستی در دو مول فراوری شود تعادل خالص مثبت بوده و ظرفیت جذب زیستی افزایش نمی یابد.

روند پاسخ سطحی زمانی مشابه است که OS با محلول های اسیدی فراوری شود. اگر برای تیمار های فازی متفاوت بودند. این نشان دهنده ی همبستگی قوی بین ظرفیت زیستی و نوع تیمار است. برآزش بهتر با توابع گوسی نشان می دهد که متغیر های مطالعه شده اثر خطی بر روی پاسخ ندارند زیرا ان ها بستگی به متغیر های دیگر دارند که نشان دهنده اثر گوسی بر روی ظرفیت زیستی است. این اثر گوسی متغیر های فرایند رایج است که نشان دهنده ی لزوم کار در مناطق پیک به منظور بیشینه سازی حذف سرب می باشد.

شکل 6: ظرفیت جذب زیستی پیش بینی شده به صورت تابعی از غلظت تیمار A و PH به یکی از سطوح غلظت سرب اولیه C و برای هر OS فراوزی شده ی شیمیایی



4.3 مقایسه ی مدل ها

مقایسه ی مقادیر به دست آمده با دو مدل با مقادیر آزمایشی به طور کلی نشان می دهد که مدل ANFIS برازش بهتری نسبت به مدل FFD دارد (خطا ها کوچکتر و مقادیر R^2 بیشتر است) بعلاوه برای تحلیل نتایج برازش بهتر با استفاده از هر دو مدل مقادیر پیش بینی شده در برابر نتایج آزمایشی نشان داده شده است. بعلاوه مدل سازی فازی عصبی امکان تفسیر فیزیکی ثابت ها را می دهد زیرا ان ها قادر به مدل سازی مقادیر اولیه ی ظرفیت جذب زیستی می باشد.

مدل فازی به بهترین وجه تولید مقادیر بالایی از قابلیت جذب زیستی می کند که در جدول 3 نشان داده شدو این قابلیت بیشتر از مدل طرح تمام فاکتوریل است. مشاهده شد که مدل ANFIS نتایج آزمایشی را در دامنه ی مورد مطالعه برای 3 تیمار شیمیایی بهتر پیش بینی می کند. در همه ی موارد مقادیر R^2 زمانی که داده ها با مدل ANFIS برازش شدند بیشترین نزدیکی را به 1 داشت بعلاوه هر دو مدل دارای مقادیر $R^2 > 0.91$ بودند.

5. نتیجه گیری

الودگی فلزات سنگین در فاضلاب و پسماند ها امری رایج است. در این مطالعه استفاده از جذب زیستی توسط هسته ی زیتون برای حذف سرب از محلول ابی در نظر گرفته شد. هسته ی زیتون تحت تیمار های شیمیایی مختلف برای بهبود ظرفیت زیستی قرار گرفت. مطالعات کمی برای بررسی رابطه ی تیمار شیمیایی جاذب تغییر خصوصیات ان و مقادیر ظرفیت جذب زیستی پرداختند. به خصوص نقش تیمار شیمیایی با سایر فاکتور های عملیاتی نیز بررسی شده است: طرح تمام فاکتوریل و سیستم استنباط فازی تطبیقی عصبی. ظرفیت جذب زیستی با تغییرات ایجاد شده طی تیمار شیمیایی مشاهده شد و نتایج بر اساس تیمار بازی یا اسیدی متفاوت بود. نتایج اصلی زیر به دست آمدند:

1. تیمار شیمیایی روی OS موجب تغییر خصوصیات فیزیکی شیمیایی ان به خصوص سطح مقطع، حجم تخلخل، گروه های عاملی اصلی و محتوی ان در هولوسولوز و لیگنین می شود.
2. فکتور های عملیاتی مطالعه شد (تیمار شیمیایی، غلظت محلول تیمار اسیدیته و محلول سرب اولیه) اثر قوی بر روی پاسخ دارند

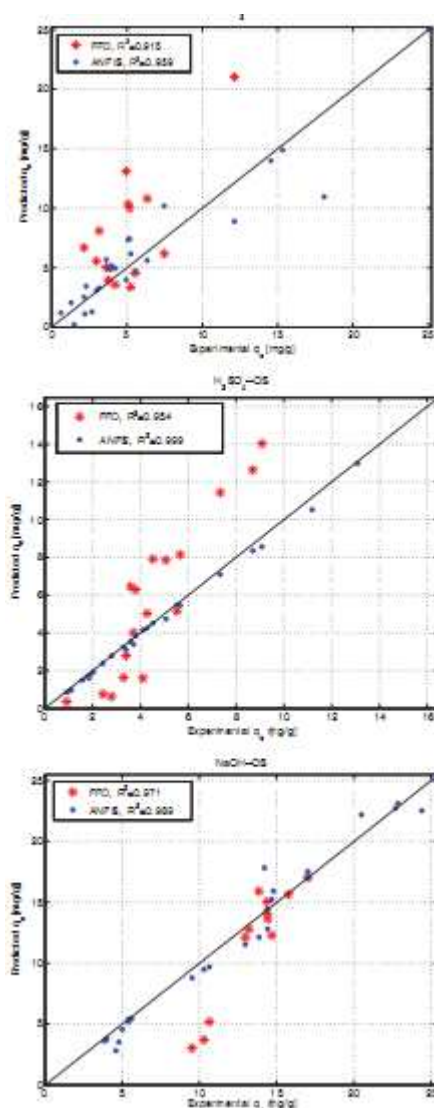
3. بر اساس مقادیر R^2 هر دو مدل برازش خوبی از داده ها داشتند و هر دو را می توان برای پیش بینی ظرفیت جذب OS استفاده کرد.

4. طرح تمام فاکتوریل می تواند پیش بینی ضعیف تری از نتایج قابلیت جذب زیستی به دست دهد.

5. مدل فازی عصبی یک تفسیر فیزیکی از ثابت C1 در اختیار می گذارد زیرا آن ها نشان دهنده ی مقدار متوسط ظرفیت جذب زیستی تحت شرایط تعیین شده با قاعده ی فازی می باشد

شکل 7: مقایسه ی بین هر دو مدل مورد استفاده: طرح تمام فاکتوریل FFD و استنتاج فازی عصبی تطبیقی برای

OS فراوری شده ی شیمیایی با HNO_3 , H_2SO_4 و NaOH .





این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی