

شاپا: ۲۵۸۸-۴۲۵۵

نشریه علمی-تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال دوم، شماره چهار، تابستان ۱۳۹۷، جلد یک

مطالعات محیط زیست منابع طبیعی و توسعه پایدار

ارزیابی تاثیر نانو الیاف کربنی بر ریخت شناسی و سنجه های زیستی رشد گیاه
سعیده تشرقی، حسین تقدیسیان

بررسی مقایسه ای سینیتیک و ترمودینامیک جذب سرب از محلول های آبی
توسط نانویو پلیمر های طبیعی؛ نانوفیبر کیتین و نانوفیبر لیگنوسلولز
سعیده رستگار، حسن رضایی

ارزیابی استرس حرارتی در نانوایی های شهر بجنورد بر اساس شاخص دمای تر
گوپسان (WBGT) و شاخص تنش گرمایی (HSI)
رجبعلی حکم آبادی، افسانه صادقی، فاطمه کریمی، فاطمه روحانی، رقیه قاسمی

بررسی اثرات فناوری نانو بر محیط زیست و منابع طبیعی
بهمن خسروی پور، سیده کوثر حسینی

بررسی احتمال وقوع دوره های خشک و تر در مازندران با استفاده از زنجیره مارکف
آذر حیدری، اسماعیل شاهکویی

شناسایی پرندگان و گیاهان پارک ملی مند در استان بوشهر در خلیج فارس در
بهار ۱۳۹۴

بهروز بهروزی راد

مطالعات محیط زیست منابع طبیعی و توسعه پایدار

فصلنامه علمی تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال دوم، شماره چهار، تابستان ۱۳۹۷، جلد یک
شاپا: ۴۲۵۵-۲۵۸۸

اعضای شورای علمی تحریریه:

دکتر محمدجواد امیری، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
دکتر جهانگیر خواجه علی، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر مهرناز حاتمی، عضو هیئت علمی دانشگاه اراک
دکتر حسین آگهی، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر مینا تقی زاده، عضو هیئت علمی دانشگاه اراک
دکتر مهنوش مقدسی، عضو هیئت علمی دانشگاه اراک
دکتر کامران مروج، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر احمد گلچین، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر محمد مشاری، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
دکتر مهدی خدایی مطلق، عضو هیئت علمی دانشگاه اراک
دکتر داود کولیوند، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر مهدی پناهی، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر جعفر نیکبخت، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر رضا معصومی، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر ماندانا بی مکر، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر علی گنجلو، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر فائزه السادات ابطحی، عضو هیئت علمی دانشگاه اراک
دکتر اکبر نیکخواه، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر حسین جوادی کیا، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر مصطفی مصطفایی، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر سید احسان فاطمی، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر لیلا ندرلو، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر رضاحسین حیدری، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر سعید کریمی، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
دکتر قاسم رحیمی، عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی همدان
دکتر محمود خرمی وفا، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر هوشنگ قمرنیا، عضو هیئات علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر معصومه فراستی، عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس
دکتر مراد رحیمی، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر غلامرضا ربیعی، عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد
دکتر علی اصغر مقدم، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر یاسر شهبازی، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر محمد رفیعی الحسینی، عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد
دکتر قربان مهتابی، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
دکتر محمدحسن صالحی، عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد
دکتر مصطفی قاسمی، عضو هیئت علمی دانشگاه هرمزگان
دکتر مهرانه خدامرادپور، عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی همدان
دکتر حمیدرضا متقیان، عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد
دکتر زهرا مینوش حقیقی، عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه

صاحب امتیاز و مدیرمسئول:

منیژه ملائی

زیر نظر شورای سردبیری

مدیر داخلی: محدثه ملائی



۰۲۱ ۳۳ ۲۰ ۲۴ ۸۷
۰۲۶ ۳۴ ۴۳ ۶۹ ۵۹
۰۲۱ ۴۳ ۸۵ ۷۱ ۲۴

نشانی: کرج، بلوار امام خمینی (باغستان)، بین
خیابان پنجم و ششم، روبروی مجموعه ورزشی
انقلاب، پلاک ۷۳۵، ساختمان پرند، واحد ۱

فراخوان پذیرش مقاله

تنوع گسترده شرایط سرزمین، از نظر آب، هوا، خاک، منابع آب، منطقه، رطوبت، ارتفاع و تجربه‌های نیروهای انسانی در کشاورزی و ... دلالت بر ظرفیت وسیعی دارد. بهره‌برداری پایدار از این منابع برای بهبود شرایط زندگی نسل‌های کنونی و آینده این سرزمین در سایه تلاش فراوان، مقصودی دست‌یافتنی است. رشد و توسعه پایدار کشاورزی از مهمترین هدف‌های هر دولتی است که تحقق آن طریق تحولات بنیادی همه‌جانبه در ساختار کشاورزی، مدیریت و بهره‌برداری مطلوب از منابع و امکانات، سازماندهی و هدایت سنجیده فعالیت‌ها در چارچوب برنامه‌ریزی علمی و منطقی امکان‌پذیر خواهد بود. بی‌شک در دنیای امروز دستیابی به توسعه پایدار در امنیت غذایی بدون در نظر گرفتن توسعه کشاورزی روستایی امکان‌پذیر نیست. موضوع رشد و توسعه پایدار از مباحث مهم در حوزه کشاورزی، محیط‌زیست و منابع طبیعی است که نگاه بخش وسیعی از صاحبان ادبیات علمی این حوزه را به خود جلب کرده است. در کشور ما، علیرغم فعالیت‌های صورت گرفته در سال‌های اخیر، فقدان تجربیات علمی و پژوهشی که تبیین‌کننده مفاهیم و مباحث این حوزه باشد، احساس می‌شود. «فصلنامه مطالعات محیط‌زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار» به دنبال آن است که با گردهم‌آوردن آرای صاحبان اندیشه، دانشگاهیان، متخصصان و علاقه‌مندان کشاورزی، محیط‌زیست و منابع طبیعی، به توسعه این زمینه در کشور کمک نماید. از اینرو از تمامی پژوهشگران دعوت می‌شود مقالات علمی خود را از طریق وبسایت نشریه به نشانی www.ENSd.ir ارسال نمایند.

محورهای نشریه:

- مهندسی کشاورزی
- محیط زیست
- شیلات
- علوم باغبانی
- علوم خاک
- توسعه روستایی
- آبیاری و زهکشی
- علوم دام و طیور
- منابع طبیعی، مرتع و آبخیزداری
- جنگل و صنایع چوب
- مدیریت مناطق بیابانی
- زراعت و اصلاح نباتات
- مهندسی اقتصاد کشاورزی
- ترویج و آموزش کشاورزی
- مهندسی صنایع غذایی
- مکانیزاسیون کشاورزی و مکانیک بیوسیستم

فهرست مقالات

صفحه	عنوان مقاله
۱	ارزیابی تاثیر نانو الیاف کربنی بر ریخت شناسی و سنجه های زیستی رشد گیاه سعیده تشریفی، حسین تقدیسیان
۹	بررسی مقایسه ای سینیتیک و ترمودینامیک جذب سرب از محلول های آبی توسط نانویوپلیمرهای طبیعی (نانوفیبرکیتین و نانوفیبرلیگنوسلولز) سعیده رستگار، حسن رضایی
۱۹	ارزیابی استرس حرارتی در ناوایی های شهر بجنورد بر اساس شاخص دمای تر گویشان (WBGT) و شاخص تنش گرمایی (HSI) رجبعلی حکم آبادی، افسانه صادقی، فاطمه کریمی، فاطمه روحانی، رقیه قاسمی
۲۵	بررسی اثرات فناوری نانو بر محیط زیست و منابع طبیعی بهمن خسروی پور، سیده کوثر حسینی
۳۱	بررسی احتمال وقوع دوره های خشک و تر در مازندران با استفاده از زنجیره مارکف آذر حیدری، اسماعیل شاهکویی
۴۷	شناسایی پرندگان و گیاهان پارک ملی مند در استان بوشهر در خلیج فارس در بهار ۱۳۹۴ بهروز بهروزی راد

ارزیابی تاثیر نانو الیاف کربنی بر ریخت شناسی و سنجه های زیستی رشد گیاه

سعیده تشریفی^۱، حسین تقدیسبان^۲

پژوهشکده محیط زیست و بیو تکنولوژی، پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

در این تحقیق اثر حضور نانو فیبر کربنی بر بهبود سنجه های گیاهی و شاخصهای ریخت شناسی مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به نتایج مثبت اثرات نانو ساختارهای کربنی بر رشد گیاهان، در این پژوهش در غلظتهای مختلف بر درصد جوانه زنی، طول ساقه، طول ریشه گیاه شاهی که استفاده گسترده ای در برنامه غذایی آحاد اجتماع دارد مورد بررسی قرار داده شد. صفات درصد و سرعت جوانه زنی طول ساقه و ریشه در پنج غلظت مختلف (در بازه ۳۰ تا ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) مورد اندازه گیری و محاسبه شد. با افزایش غلظت نانوذره از ۳۰ تا ۹۰ میلی گرم در لیتر، طول ساقه روند افزایشی نسبت به نمونه شاهد داشته که این امر را می توان به افزایش پدیده پرایمینگ نسبت داد. بنظر میرسد نانو ساختارهای کربنی باعث افزایش رشد سلولی در این گونه گیاهی شده و در توجیه این امر بنظر می رسد که این نانو ساختار همانند یک کانال، امکان ورود آب به درون سلول را فراهم نموده و پیامد این امر موجب رشد سریعتر و تقسیمات سلولی بذر شاهی می گردد. با استفاده آگاهانه و کنترل شده این نانو ساختار می توان گامهای موثری در راستای تنظیم رشد و نمو گیاهان نمود.

کلمات کلیدی: نانو فیبر کربن، شاهی، پرایمینگ، مرفولوژی، طول ساقه، طول ریشه

مقدمه

نانومواد بدلیل خصوصیات منحصر بفرد خود از جمله سطح مخصوص زیاد و سرعت واکنش پذیری بالا، توجه زیادی را بخود معطوف کرده اند، بطوری که نانوتکنولوژی سبب روشن شدن افق های تازه ای در بسیاری از علوم از جمله الکترونیک، فیزیک نور، کاتالیزورهای شیمیایی، بیوتکنولوژی و پزشکی شد (Köhler, Som et al. 2008).

نانوتکنولوژی به عنوان یک فناوری قدرتمند، انقلابی شگرف در سیستم تامین مواد غذایی و کشاورزی دنیا پدید آورده است. با استفاده از پتانسیلهای بالقوه این فناوری، می توان به ابزارهای جدیدی جهت استفاده در کلیه علوم دست یافت در این بین علوم کشاورزی و صنایع غذایی، جایگاه ویژه ای دارد چرا که با افزایش جمعیت تقاضای غذا بیشتر شده و این در حالی است که از نظر آب در دنیا محدودیت وجود دارد و چه بسا بسیاری از نقاط دنیا با مسئله مهمی بنام بحران آب روبرو هستند لذا هر گونه تمهیدی که منجر به بهبود کیفیت محصولات کشاورزی با صرف آب کمتر گردد بسیار مفید بوده و می توان با در نظر گرفتن این اولویت محصولاتی با حداقل مصرف آب و بالاترین بازدهی تولید نمود (Rosegrant, Cai et al. 2002) از سوی دیگر با توجه به این مهم که به دلیل پیچیدگی نانو ذرات، این مواد علاوه بر امتیازات واضحی که دارند. کاربرد این مواد مخاطرات احتمالی زیست محیطی دارد به طور کلی تاثیر نانو مواد بر زنجیره غذایی می تواند بسیار گسترده تر از سایر ترکیبات باشد چرا که بدلیل ویژگیهای خاص خود همچون اندازه بسیار کوچک که قابلیت عبور از مرز سلولی را دارد و سطح بستر بالای آنها موجبات واکنش پذیری بالایی را برای آنان فراهم می سازد. ذرات نانو می توانند بصورت یک چاقوی دولبه در نظر گرفته شوند، اهمیت موضوع وقتی چند برابر می شود که توجه داشته باشیم گیاهان می توانند نانو ذرات را تغییر و یا در خود تجمع نمایند و در گام بعدی با خورده شدن گیاهان حاوی نانو ذرات توسط موجودات به صورت زیستی تجمع یابند و در نهایت وارد زنجیره غذایی حیوانی و انسانی شوند. (Rico, Majumdar et al. 2011). ورود این ترکیبات به چرخه های زیستی مخاطرات متعددی را برای موجودات مختلف به همراه داشته باشد. ایمنی نانو ذرات عموماً توسط مؤسسات علمی مورد بررسی قرار می گیرد. مکانیسم های ارتباطی نانوذرات با سیستم های

^۱ عضو هیئت علمی پژوهشگاه صنعت نفت

^۲ عضو هیئت علمی پژوهشگاه صنعت نفت

بیولوژیک یکی از موضوعات مهم در ایمنی زیستی می باشد. اشکال نانومقیاس مواد مختلف در مقایسه با اشکال معمول (Bulk) ویژگی های منحصر به فردی دارند (نسبت سطح به حجم بیشتر و همچنین ویژگی های فیزیکوشیمیایی غیر معمول) که ممکن است به ایجاد مکانیسم سمیت منحصر به فردی منجر شود. نانوذرات قابل تنفس بوده و به دلیل شکل هندسی، ترکیبات، اندازه، مساحت سطحی، قدرت انتقال و پایداری در بدن می توانند سبب عوارض نامطلوبی بر سلامت انسان از جمله التهاب شوند. (Hristozov, Gottardo et al. 2012) از سوی دیگر با رصد پاره ای از موارد این نانو مواد اثرات مثبتی را بر حلقه های زنجیره زیستی می گذارند بعنوان مثال هوسن و همکارانش در سال ۲۰۱۴ گزارش نمودند که صفات شاخص زیستی رشد یک گونه از خردل تحت تاثیر نانو مواد بهبود یافته است. (Husen, Iqbal et al. 2014) و یا در برخی از موارد با استفاده از گیاهان دست به تولید نانو ذرات گرانیقیمت با درجه خلوص بالا گردیده اند. (Siddiqi and Husen 2016)

به هرحال این تعامل بین انسان و طبیعت با توجه به اهمیت افزایش بهره وری و لزوم بررسی محتاطانه کاربرد گسترده آن در تامین زنجیره غذایی موجب می گردد تا به بررسی بیشتر نانو ساختارهای پی که هم اینک تولید و کاربرد گسترده ای یافته اند در راس امور قرار گیرد. نانو ساختارهای کربنی در زمره این ترکیبات قرار دارند. نتایج آزمایشات گذشته نشان می دهد که این نانو ساختارها می توانند اثرات مثبت و منفی بر رشد گیاهان داشته باشند. عکس العمل یا پاسخ برحسب نوع گیاه، صفات شاخص زیستی آن و نوع نانو ساختار متفاوت می باشد. نانوالیاف کربنی، نانوساختارهای استوانه ای با لایه های گرافن می باشند که به صورت های مخروط انباشته، فنجان و یا صفحات و بدون هسته ی توخالی اما با سایت های لبه ای بسیار در دیوار بیرونی مرتب شده اند. نانوالیاف های کربنی عمدتاً بر اساس روش های تولید نانولوله های کربنی تولید می شوند. با این توضیح که در برخی روش ها نانولوله ها و در برخی روش های دیگر نانوالیاف کربنی درصد بیشتری از محصول را شامل می شوند. به عنوان مثال در روش های تخلیه قوس الکتریکی و سایش لیزری، عمدتاً نانولوله های کربنی تولید می شوند، این در حالی است که در روش رسوب شیمیایی بخار (CVD) این درصد خیلی کمتر خواهد بود. (Mostafavi, Mehrnia et al. 2009) بررسی اثرات نانو الیاف کربنی بر گیاهان از وجوه مختلفی قابلیت بررسی دارد اما در اولین گام لازم است تا بر روی نحوه تاثیر درصد جوانه زنی، رشد گیاه، سرعت جوانه زنی، طول ریشه گیاه، تعداد برگها، طول ساقه و سایر عوامل پرداخت. در تحقیقاتی که توسط لین و همکارانش بر روی گیاه تنباکو صورت پذیرفت مشخص شد که بدلیل احتمال ایجاد رخنه در بذر می تواند شرایط سهلتری جهت ورود آب به درون بذرها را ایجاد نموده و در نهایت بدلیل توانایی عبور از مرز سلولی شرایط تنظیم آب در غشاهای سلولی و ورود آب بدرون سلولها مهیا می نماید. جدول زیر نمونه ای از تحقیقات انجام شده توسط دانشمندان را ارائه می دهد. (Mukherjee, 2016 #9)

Positive effects of carbon nano-materials (CNMs) in plant.			
Reference	CNM	Treatment	Effect
Samaj et al., 2004	CNT	-	Uptake through endocytosis.
Lin and Xing, 2007	MWCNT	2000 mg/L in ryegrass (<i>Lolium perenne</i>)	Increased root length (~17%).
Canas et al., 2008	Uncoated and PABS coated SWCNTs	coated (0, 160, 900, and 5,000 mg/L) and uncoated-CNTs (0, 104, 315, and 1750 mg/L) for 24 and 48 h.	Uncoated-CNTs increased root length in onion and cucumber as compared to the coated-CNTs.
Ulu et al., 2009	SWCNT	-	SWNTs as potential cargo for several molecules into different plant cell organelles.
Wild and Jones, 2009	MWCNT	-	CNTs were adsorbed onto the root surface but also did appear "pierce" the root epidermal cells and accumulate within the tissue.
Tripathi et al., 2011	Citrate coated water-soluble CNTs	10-days exposure to 6.0 mg/mL	Visualize internalization of the coated ws-CNTs by SEM and TEM.
Khodakovskaya et al., 2011	SWCNT and MWCNT	50 mg/L	enhanced the total fresh biomass
Mondal et al., 2011	Pristine (diameter ~30 nm) and oxidized-MWCNT	In mustard (<i>Brassica juncea</i>) at 2.3–46.0 µg/L	Enhanced germination, increased root and shoot growth.
Wang et al., 2012	o-MWCNT	40, 80, and 160 mg/L for 3 and 7 days	Increase in root length of wheat seedlings
Sonkar et al., 2012	Water-soluble carbon nano-onions	5 and 10-days hydroponic germination at 10, 20, and 30 mg/L	Growth enhancement.
Lahiani et al., 2013	MWCNT	10–11 d at 50, 100, and 200 mg/L	50% (in barley and soybean) and 90% (in corn) increase in germination. In soybean, the root length increased up to 26%. In corn, shoot and leaf length were enlarged by 40% and more than threefold, respectively. Internalization was visualized by both Raman Spectroscopy and TEM.
Twari et al., 2013	MWCNTs	5–60 mg/L MWCNTs for 7 days in agar gel	60 mg/L treatment; increased plant fresh biomass (43%) and higher nutrient uptake (2x calcium and 1.6x iron)
Kole et al., 2013	Fullerols C ₆₀ (OH) ₂₀	0.943, 4.72, 9.43, 10.88, and 47.2 nM fullerol	Increased plant biomass and phytochemical content in bitter melon.
Tripathi and Sarkar, 2014	Carbon nano-dots	10 days of exposure to 150 mg/L water soluble carbon nano-dots	Enhanced root growth (10x) of wheat.
Saxena et al., 2014	Water-soluble CNPs	10–150 mg/L ws-CNPs in soil up to 20 days	Optimum growth was observed at 50 mg/L treatment where root and shoot lengths were increased up to 3-times.
Lahiani et al., 2015	Carbon nano-horns (CNHs)	25, 50 and 100 mg/ml for 10–20 days barley, corn, rice, soybean, switchgrass, tomato) and tobacco cell culture	Growth of tobacco cells was increased 78%. Uptake confirmed by TEM.

چنانچه از جدول بر می آید اولین بار لین و همکارانش مشاهده نمودند که حضور نانو لوله های کربنی چند دیواره با غلظت ۲۰۰۰ میلیگرم در لیتر به میزان ۱۷ درصد افزایش رشد ریشه گیاه را سبب می گردد. تحقیقات همچنان ادامه یافته تا در نهایت در سال ۲۰۱۱ تری پاتی و همکارانش تاثیر عاملدار کردن نانو لوله های کربنی مورد ارزیابی قرار دادند و مشخص شد که عامل سیترات بدلیل افزایش ابدوستی نانو لوله ها باعث بهبود جوانه زنی می گردد. آخرین اطلاعات جدول مربوط به پژوهشی است که لاهیانی در سال ۲۰۱۵ بر روی ذرت، برنج، سویا و گوجه فرنگی و.. انجام داد و مشخص گردید که حضور نانو ساختارهای کربنی در سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلیگرم در میلی لیتر در بازه زمانی ۱۰ الی ۲۰ روز موجب ۷۸ درصد افزایش رشد میگردد. علیرغم تحقیقات گسترده در دنیا، اطلاعات جامعی در خصوص بررسی اثر این نانو ساختارها بر روی گیاهان بومی صورت نیذیرفته است لذا برآن شدیم با توجه به نتایج مثبت اثرات نانو ساختارهای کربنی بر رشد گیاهان، در این پژوهش در غلظتهای مختلف بر درصد جوانه زنی، طول ساقه، طول ریشه گیاه شاهی که استفاده گسترده ای در برنامه غذایی آحاد اجتماع دارد مورد بررسی قرار دهیم.

مواد و روشها

در ابتدا به منظور بررسی نانو الیاف کربنی بر روی گیاهان از گیاه شاهی استفاده شد. این گیاه شاهی یا تره تیزک یا تره تندک یک نوع سبزی خوردن است که به صورت خام و گاهی پخته مصرف می شود. به بذر آن سپندان گویند. نام علمی آن *Lepidium Sativum* است. [۱] شاهی گیاهی است علفی و یک ساله از راسته کلم سانان، تیره شب بویان و سرده ازمک است. این نوع سبزی به داشتن مقادیر زیادی ویتامین ث معروف است و از دیرباز برای مداوای سرماخوردگی کاربرد داشته است. برگ های آن سبز و روشن، گل هایش کوچک و به رنگ سفید یا قرمز ارغوانی و با عطر ملایم به طور گروهی در انتهای شاخه ظاهر می شود. میوه آن بیضوی به طول تقریبی ۵۰ میلی متر و عرض چهار میلی متر است.



شکل ۲- بذر گیاه شاهی



شکل ۱- گیاه شاهی

تره یا شاهی گیاهی است یک ساله و خودرو که طول آن به ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر می رسد و به شکل نپخته، به عنوان طعم دهنده به غذا و دم کرده مورد استفاده قرار می گیرد. برگ، گل، میوه و دانه تره یا شاهی از مهم ترین قسمت های این گیاه بهاری هستند و به عنوان گیاه دارویی مورد استفاده قرار می گیرند. رفتار و عملکرد نانو مواد تحت تاثیر اندازه و شکل آنها قرار دارد. لذا مشخصات سطحی بستر کربن نانو فایبر استفاده شده در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲) - خصوصیات سطح بستر نانو الیاف کربن

نانو الیاف کربنی	
قطر	۲۵ nm
طول	۱۲mμ
سطح مشخصه	۱۸۸,۹m ² /g
حجم حفرات	۰,۴۴cm ³ /g
قطر متوسط حفرات	۹۳,۳۰ Å

در ارزیابی سمیت یک ترکیب بر روی گیاه بایستی مقطع حساس رشد و نمو و میزان جوانه زنی را مبنا قرار داد زیرا با گذر گیاه از این مقطع حساس، امکان طی نمودن کلیه مراحل رشد و تکامل مهیا می گردد. بر این اساس هم اکنون مطالعات وسیعی در این حوزه در حال انجام است تا بتوان از تاثیر حضور نانو ساختارها بر روی گیاهان و امکان افزایش تحمل در برابر عوامل محیطی همچون تنش آبی، شوری و ... اطلاع یافت. به منظور محقق شدن این امر در این تحقیق بر آن شدیم تا با توجه به جایگزینی نانو فیبر کربنی بجای کربن فعال و استفاده گسترده آن در صنعت با توجه به قدرت جذب بالای آلاینده ها بر روی این نانو ساختار احتمال گسترش وسیع آن در طبیعت یک امر مسلم است لذا بایستی از جنبه ارزیابی زیستی آن تاثیر بر روی رشد و نمو گیاهان مد نظر قرار داد تا در صورت بی اثر بودن یا کم اثر بودن برای استفاده در منابع خاک و آب توصیه گردد.

شرح کار

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه انجام شد و تاثیر حضور نانو فیبر کربنی در بازه غلظتی ۳۰ تا ۱۵۰ با گام های ۳۰ میلی گرم بر لیتر ارزیابی شد. جهت تهیه محلولهای استاندارد در ابتدا محلول غلیظ ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر تهیه و سپس سایر محلولها از محلول مادر تهیه گردید. در ابتدا با استفاده از شیکرمواد در اب مقطر به حالت سوسپانسیون در آمده و سپس با استفاده از شیکر به مدت ۱۵ دقیقه در محلول پراکنده شدند.

تیمارها: در دو سطح ماده آب و نانو فیبر کربنی (شاهد و نمونه)، در ۵ غلظت نانو فیبر کربنی (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر) و در مدت زمان ۲۱ روز در سه بار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع تعداد تیمارها شامل ۱۸ تیمار می باشد برالی هر تیمار از ۴۰۰ عدد بذر استفاده شد. پس از ضد عفونی ابزار و بذور، تعداد ۴۰۰ بذر در هریک از پتری ها قرار داده شد. شایان ذکر است ۳ تکرار برای هر غلظت صورت گرفت. سپس به هر پتری تیمار مربوطه و غلظت و تاریخ کاشت آنها را مشخص نموده و با توجه به همین موضوع غلظتهای مربوطه در مقدار ۱۰ سی سی اضافه شد. سپس درب پتری ها بسته و آبیاری در فواصل زمانی هر روز انجام پذیرفت. شمارش لذرهای جوانه زده هر روز انجام شد تا زمانی که در دو شمارش متوالی افزایشی در تعداد بذر جوانه زده حاصل نگردد. بر این اساس میانگین سرعت جوانه زنی بر اساس فرمول زیر به دست آمد:

$$\text{سرعت جوانه زنی} = \sum_t^n \left(\frac{n_t}{D_t} \right) \quad (1)$$

که در آن n_t تعداد بذر جوانه زده و D_t روزهای انجام آزمایش می باشد. درصد شاخص مقاومت ساقه و ریشه بر اساس فرمول تیلور و فوی (۱۹۸۵) محاسبه گردید:

$$\text{طول ریشه در تیمار تقسیم بر طول ریشه در شاهد} = \text{درصد شاخص مقاومت ریشه} \quad (2)$$

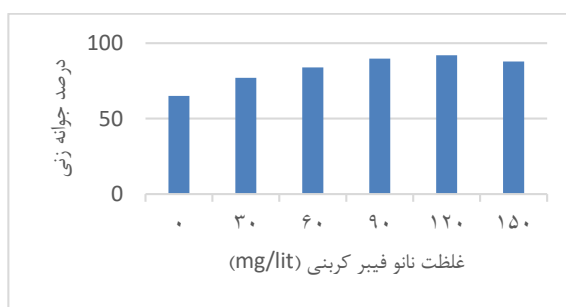
$$\text{طول ساقه در تیمار تقسیم بر طول ساقه در شاهد} = \text{درصد شاخص مقاومت ساقه} \quad (3)$$

تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS انجام پذیرفت و تجزیه واریانس و مقایسه میانگینها به روش دانکن انجام شد.

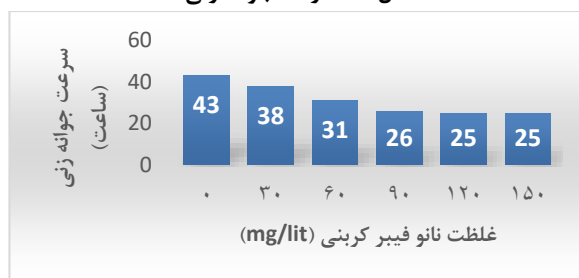
نتایج

ارزیابی صفات جوانه زنی گونه تحت تاثیر نانو الیاف کربنی

نتایج حاصل از مقایسه میانگینها برای کلیه تیمارها در ارتباط با غلظتهای نانو ساختار در شکل (۳) نشان داده شده است. در ارتباط با میزان جوانه زنی بذر شاهی مشاهده شد که تیمار ۱۲۰ میلی گرم در لیتر بیشترین مقدار را در سطح احتمال ۰/۰۵ به خود اختصاص می دهد و در ادامه در رده بندی بترتیب تیمارهای ۱۵۰، ۹۰ و ۶۰ میلی گرم در لیتر در مقام های دوم تا چهارم قرار می گیرند.

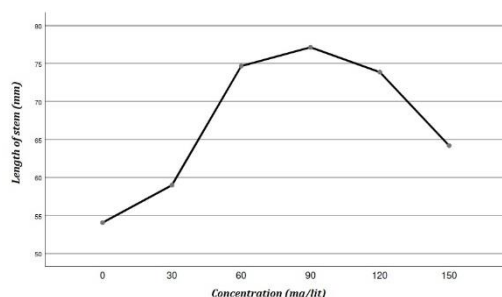


شکل ۳- درصد جوانه زنی



شکل ۴- سرعت جوانه زنی

در ارتباط با میزان سرعت جوانه زنی مشاهده شد که در تیمارهای ۱۵۰، ۱۲۰ میلی گرم در لیتر بیشترین سرعت در جوانه زنی در میان تیمارها به خود اختصاص داده و پس از آن غلظتهای ۹۰، ۶۰، ۳۰ از آن قرار دارند. چنانچه در شکل (۵) مشاهده می شود در ارتباط با طول اندام هوایی نیز تیمارهای طول ساقه ها بین ۵۴ تا ۷۷ میلیمتر در نوسان بوده که بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۹۰ میلی گرم در لیتر بوده (۷۷ میلیمتر با انحراف استاندارد) ۱۲٪ میباشد. لازم به توضیح است که در تیمارهای مختلف جهت ارزیابی نمونه ها از تیمار ۱۵ نمونه به صورت میانگین انتخاب شد. که در این حالت برای غلظت ۹۰ میلی گرم در لیتر طول ساقه ها از بازه ۷۱ تا ۸۴ میلیمتر در نوسان بوده و طول ۷۷ میلیمتر به عنوان میانگین گزارش می شود. پس از آن تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ با میانگین ۷۵ و ۷۴ به ترتیب در جایگاههای دوم و سوم قراردارند.

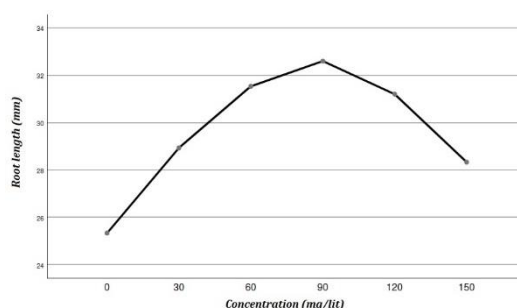


شکل ۵- مقایسه میانگین طول ساقه در تیمارهای مختلف (میلیمتر)

در خصوص طول ریشه (شکل (۶)) چنانچه مشاهده می شود در تیمارهای مختلف طول ریشه ها بین ۲۵ تا ۳۳ میلیمتر در نوسان بوده که بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۹۰ میلی گرم در لیتر با انحراف استاندارد ۱۱٪ میباشد. در این حالت برای غلظت ۹۰ میلی گرم در لیتر طول ریشه ها بین ۲۷ تا ۳۹ میلیمتر در نوسان بوده و طول ۳۳ میلیمتر به عنوان میانگین گزارش می شود. پس از آن تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ با میانگین ۳۲ و ۳۱ به ترتیب در جایگاههای دوم و سوم قرار دارند. در جدول (۳) بین مقادیر طول ساقه و طول ریشه در بین تیمارهای مختلف مقایسه انجام پذیرفته است.

جدول ۳ - بررسی نتایج آنالیز واریانس شاخصها اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف

انحراف استاندارد	طول ریشه (میلیمتر)			انحراف استاندارد	طول ساقه (میلیمتر)			غلظت	۵
	میانگین	حد پایین	حد بالا		میانگین	حد پایین	حد بالا		
۹,۸	۲۹,۷	۳۸,۶	۲۰,۷	۱۴,۶	۷۸,۳	۴۸,۸	۸۳,۷	۵	



شکل ۶ - مقایسه میانگین طول ریشه در تیمارهای مختلف (میلیمتر)

بحث و نتیجه گیری

با توجه به درجه آزادی یک بین گروهها از ارقام میانگین تیمارهای مختلف جهت مقایسه تاثیر غلظتهای مختلف نانوساختار بر سنجه های رشد گیاهی شاهی استفاده شد. در ارتباط با نانو ساختارهای کربنی تحقیقات زیادی بر روی گونه های گیاهی مختلف انجام شده است. تاثیر مثبت نانو لوله های کربنی بر جوانه زنی و رشد ریشه گیاهان ذرت، برنج، سویا و گوجه فرنگی و دم اسبی و مریم گلی ایرانی (الهه، منصور et al.) که در جدول (۱) بدانها اشاره شد چنانچه در شکل (۵) و جدول (۲) مشاهده می شود، با افزایش غلظت نانوذره از ۳۰ تا ۹۰ میلی گرم در لیتر، طول ساقه روند افزایشی نسبت به نمونه شاهد داشته که این امر را می توان به افزایش پدیده پرایمینگ نسبت داد. چنانچه ملاحظه می شود، با افزایش غلظت نانوذره از صفر به ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلیگرم در لیتر، طول ساقه نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۳٪، ۳۸٫۹٪ و ۴۲٫۶٪ افزایش داشته است. همانطور که (Agrawal & Rathore 2014) گزارش نمودند بنظر میرسد نانو ساختارهای کربنی باعث افزایش رشد سلولی در گونه های مختلفی شده و مکانیسم عمل بنظر می رسد که این نانو ساختارهای همانند یک کانال، امکان ورود آب به درون سلول فراهم کرده که با این کار موجبات رشد سریعتر و تقسیمات سلولی می گردد. در بررسیهای انجام شده توسط حقیق و عفیفی پور مشخص گردید که در صورت استفاده از ترکیبی از چندین نانو ساختار مثل دی اکسید تیتانیوم و نانو لوله کربنی اثر سمیت داشته و موجب کاهش رشد گیاه می گردد. ((Haghighi, Afifipour et al. 2012)) با توجه به مقایسه نتایج رشد و خواص مرفولوژیکی مشخص گردید که در مجموع رشد و نمو گیاه در حضور نانو فیبر کربنی نسبت به شرایط عادی و عاری از نانو فیبر کربنی بمراتب بهتر بوده و فرآیند رشد رویشی بهتری رخ داده است. سرعت جوانه زنی و درصد جوانه زنی که در این تحقیق به آنها پرداخته شده، می توان به این مهم اشاره نمود این دو از مهمترین صفات مرحله جوانه زنی محسوب شده و بسیاری از محققین بدین امر معترفند که حضور نانو ساختارها بدلیل اثر بر پرایمینگ در مرحله جوانه زنی باعث افزایش سرعت و درصد جوانه زنی می شود.

خداکوفسکایا و همکارانش ((Khodakovskaya, Dervishi et al. 2009)) تاثیر نانو لوله های کربنی بر جوانه زنی بذر گوجه فرنگی بررسی نموده و نتایج این تحقیق موید این مطلب است جذب آب بیشتر در حضور نانو لوله کربنی، موجب افزایش فرآیند جوانه زنی میشود. البته باید نیم نگاهی نیز به تحقیقاتی که اثرات منفی نانو ساختارها را مد نظر قرار داده اند داشت. در هر حال باید به این مهم توجه نمود که اثرات متقابل طبیعت و گیاه چندان روشن نیست و برای هر گونه استفاده گسترده از این ترکیبات بایستی قبلا این روابط را در تمامی جنبه ها شناخت و با توجه به شناخت بدست آمده از آنها در سطح گسترده بهره برداری نمود. با استفاده آگاهانه و کنترل شده میتوان نسبت به تنظیم رشد و نمو گیاهان اقدام نمود و یا برخی پارامترهای فیزیولوژیکی مانند مقاومت نسبت تنش های کم آبی و یا شوری غلبه نمود.

References

۱. ۱۱-الهه، چ. ق. پ. منصور، ح. مهرناز and ت. ز. مینا "اثر نانولوله های کربنی چند دیواره بر صفات فیزیولوژیکی، ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی اکسیدانی گیاه مریم گلی ایرانی (*Salvia mirzayanii*) تحت تنش خشکی".
2. Agrawal, S. and P. Rathore (2014). "Nanotechnology pros and cons to agriculture: a review." *Int J Curr Microbiol App Sci* 3(3): 43-55.
3. Haghighi, M., Z. Afifipour and M. Mozafarian (2012). "The effect of N-Si on tomato seed germination under salinity levels." *Journal of Biological and Environmental Sciences* 6(16).
4. Hristozov, D. R., S. Gottardo, A. Critto and A. Marcomini (2012). "Risk assessment of engineered nanomaterials: a review of available data and approaches from a regulatory perspective." *Nanotoxicology* 6(8): 880-898.
5. Husen, A., M. Iqbal and I. M. Aref (2014). "Growth, water status, and leaf characteristics of *Brassica carinata* under drought and rehydration conditions." *Brazilian Journal of Botany* 37(3): 217-227.
6. Khodakovskaya, M., E. Dervishi, M. Mahmood, Y. Xu, Z. Li, F. Watanabe and A. S. Biris (2009). "Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth." *ACS nano* 3(10): 3221-3227.
7. Köhler, A. R., C. Som, A. Helland and F. Gottschalk (2008). "Studying the potential release of carbon nanotubes throughout the application life cycle." *Journal of Cleaner Production* 16(8): 927-937.
8. Mostafavi, S., M. Mehrnia and A. Rashidi (2009). "Preparation of nanofilter from carbon nanotubes for application in virus removal from water." *Desalination* 238(1-3): 271-280.
9. Rico, C. M., S. Majumdar, M. Duarte-Gardea, J. R. Peralta-Videa and J. L. Gardea-Torresdey (2011). "Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain." *Journal of agricultural and food chemistry* 59(8): 3485-3498.
10. Rosegrant, M. W., X. Cai and S. A. Cline (2002). *World water and food to 2025: dealing with scarcity*, Intl Food Policy Res Inst.
11. Siddiqi, K. S. and A. Husen (2016). "Green synthesis, characterization and uses of palladium/platinum nanoparticles." *Nanoscale research letters* 11(1): 482.

بررسی مقایسه‌ای سینیتیک و ترمودینامیک جذب سرب از محلول‌های آبی توسط نانویوپلیمرهای طبیعی (نانوفیبر کیتین و نانوفیبر لیگنوسلولز)

سعیده رستگار^{۱*}، حسن رضایی^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آلودگی محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استادیار گروه آلودگی محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*نویسنده مسئول: saeedehrastgar@yahoo.com

چکیده

پساب صنایع مختلف شامل طیف وسیعی از فلز سنگین سرب هستند و فرایند جذب سطحی با استفاده از جاذب‌های نانویوپلیمر، روشی نوین با کارایی بالا برای تصفیه آن‌ها به حساب می‌آید. هدف از انجام این مطالعه بررسی و مقایسه مباحث مهم جذبی (سینیتیک و ترمودینامیک) جذب سرب توسط دو جاذب نانوفیبر کیتین و نانوفیبر سلولز بوده است. برای شناسایی ویژگی‌های ساختاری این جاذب‌ها، تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) تهیه شد. برای بررسی سرعت جذب واکنش، مدل‌های واکنشی سینیتیک شبه مرتبه صفر، شبه مرتبه اول، شبه مرتبه دوم، شبه مرتبه سوم و مدل‌های نفوذی سینیتیک از جمله انتشار بین ذره‌ای و الویچ بررسی گردید. برای بررسی دمای جذب واکنش پارامترهای ترمودینامیکی نظیر انرژی آزاد گیبس (ΔG)، آنتالپی (ΔH°) و آنتروپی (ΔS°) محاسبه شد. طبق نتایج به‌دست آمده از بخش سینیتیک، بیش‌ترین میزان ضریب همبستگی جاذب نانوفیبر لیگنوسلولز ($R^2=1$) با مدل سینیتیک درجه دوم و داده‌های کیتین با هر دو مدل سینیتیک شبه درجه دوم ($R^2=0.9992$) و سینیتیک الویچ ($R^2=0.9920$) مطابقت داشتند. بنابراین جذب سرب توسط هر دو جاذب از نوع شیمیایی بوده است. نتایج حاصل از ترمودینامیک هر دو جاذب به ترتیب بیانگر خود به خودی، گرمازا بودن و افزایش میزان بی‌نظمی واکنش بوده است. بررسی تصاویر TEM بیانگر فیبری و شبکه‌ای بودن جاذب‌ها بوده است.

واژه‌های کلیدی: ترمودینامیک، سرب، سینیتیک، نانوفیبر لیگنوسلولز، نانوفیبر کیتین.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر آلودگی محیط آبی به فلزات سنگین، به دلیل سمیت و خاصیت تجمع‌پذیری این فلزات در زنجیره غذایی، به یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی تبدیل شده است. سرب به عنوان فلزی سنگین و سمی که به واسطه خاصیت تجمع‌پذیری، سرطان‌زایی و عدم تجزیه بیولوژیکی حتی در غلظت‌های پایین نیز برای موجودات زنده تهدید جدی به شمار می‌آید به طور گسترده در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد در نتیجه حذف آن از پساب‌ها ضروری است (منشوری و همکاران، ۱۳۹۲). روش‌های فیزیکی و شیمیایی متداول حذف فلزات سنگین مانند رسوب شیمیایی، تبادل یونی و غیره گران قیمت و دارای محدودیت‌هایی هستند. در دهه‌های اخیر روش جذب سطحی با استفاده از نانویوپلیمرهای طبیعی با توجه به جذب سریع و ظرفیت بالای جذب، خاصیت انتخابی مواد جاذب طبیعی در جذب فلزات، قابلیت احیای جاذب و بازیافت فلزات جذب شده یکی از پرکاربردترین روش‌ها معرفی شده است. در این روش فلزات سنگین در سطح منافذ جاذب‌هایی که معمولاً غیر قابل حل در آب می‌باشند جذب می‌شوند (حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). برای مطالعه جامع واکنش جذب سطحی فلزات سنگین در آب، آشنایی با مفاهیم سینیتیک و ترمودینامیک جذب ضروری است و چنین بررسی‌هایی مکمل یکدیگر می‌باشند. برای کنترل مراحل سرعت واکنش و به منظور بررسی عوامل موثر بر سرعت واکنش، مطالعه سینیتیک فرایند جذب ضروری است. ترمودینامیک شاخه‌ای از علوم طبیعی است که به بحث راجع به گرما و نسبت آن با انرژی و کار می‌پردازد (Gonzalez و همکاران، ۲۰۱۵). پژوهشگران مختلفی روی مدل‌سازی سینیتیک و ترمودینامیک با استفاده از جاذب‌های لیگنوسلولز و مشتقات آن (لیگنین+سلولز)، کیتین و مشتقات آن (کیتوزان) در مقیاس نانو و میکرو کار کردند در ادامه به چند مورد اشاره می‌شود. Calagui و همکاران (۲۰۱۴) از

جاذب کیتوزان برای حذف اکسید قلع از محلول‌های آبی استفاده کردند. سینیتیک و ترمودینامیک جذب را بررسی کردند. نتایج بیانگر تطابق داده‌ها با سینیتیک درجه دوم بوده و نتایج مطالعات ترمودینامیک آن‌ها بیانگر گرماگیر و خودبخودی بودن واکنش بوده است. Nasiruddin Khan و همکاران (۲۰۱۶) از کربن فعال لیگنوسلولز برای حذف سرب استفاده کردند. آن‌ها سینیتیک، ترمودینامیک جذب بررسی کردند. داده‌ها با سینیتیک انتشار بین‌ذره‌ای مطابقت بیش‌تری داشتند. نتیجه مطالعات ترمودینامیک نشان داد که آزمایش آن‌ها از نوع گرماگیر و خودبخودی بوده است. Labidi و همکاران (۲۰۱۶) از جاذب کیتین برای حذف مس استفاده کردند. آن‌ها سینیتیک، ترمودینامیک جذب بررسی کردند. داده‌ها با سینیتیک درجه دوم مطابقت بیش‌تری داشتند. نتیجه مطالعات ترمودینامیک نشان داد که آزمایش آن‌ها از نوع گرماگیر و خودبخودی بوده است. Samana و همکاران (۲۰۱۷) از ضایعات لیگنوسلولز برای حذف جیوه استفاده کردند. سینیتیک و ایزوترم جذب بررسی گردید. داده‌ها با سینیتیک انتشار بین‌ذره‌ای مطابقت بیش‌تری داشتند. Meenakshi و Karthik (۲۰۱۷) از جاذب کیتین برای حذف سرب و مس استفاده کردند. سینیتیک و ایزوترم جذب بررسی گردید. داده‌های مطالعه آن‌ها با سینیتیک درجه دوم و همچنین ایزوترم فرندلیچ مطابقت بیش‌تری داشتند. هدف از انجام این مطالعه بررسی و مقایسه بحث مهم سینیتیک و ترمودینامیک به منظور درک کامل فرایند جذب سطحی سرب با استفاده از جاذب نانوفیبرکیتین و جاذب نانوفیبرلیگنوسلولز بوده است. بررسی سینیتیک جذب سرب با استفاده از معادلات سرعت سینیتیک واکنشی شبه درجه صفر، شبه درجه اول، شبه درجه دوم و شبه درجه سوم، و مدل‌های سینیتیک نفوذی (انتشار بین‌ذره‌ای و الیچ) و همچنین ترمودینامیک جذب سرب با استفاده از بررسی متغیر دما بررسی شد. برای هر بحث داده‌های مدل-ها با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه شده و بهترین مدل که تطابق بهتری با داده‌های آزمایشگاهی جذب سرب داشتند مشخص گردید.

۲- روش بررسی

۲-۱- تهیه جاذب و مواد شیمیایی

ژل نانوفیبرکیتین و نانوفیبرلیگنوسلولز که از میگو تهیه شده است، از شرکت دانش بنیان نانوبین پلیمر خریداری شد. نیتрат سرب $Pb(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ، هیدروکلریک اسید و سدیم هیدروکسید (جهت تنظیم pH)، همگی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند و آب مقطر (دو بار تقطیر جهت انجام آزمایشات ناپیوسته و رقیق‌سازی) خریداری گردید. برای تنظیم pH از ۰/۱ مولار سدیم هیدروکسید و ۰/۱ مولار هیدروکلریک اسید استفاده شد. استوک (۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر)، از نمک سرب نیترات در آب مقطر دو بار یونیزه تهیه شد.

۲-۲- تجهیزات آنالیز

دستگاه‌های مورد استفاده جهت انجام آزمایشات عبارتند از، دستگاه جذب اتمی شعله (ASS) مدل (Unicam- 919) برای به دست آوردن میزان غلظت تعادلی پایانی (غلظت فلز سنگین جذب شده)، pH متر مدل (AZ 86552) برای سنجش میزان pH، دستگاه انکوباتورشیکر مدل (IKA KS 4000 ic) ساخت آلمان با توجه به پارامترهای مورد آزمایش برای مخلوط شدن جاذب و جذب شونده استفاده شد و سانتریفیوژ مدل (HERMLE Z300) برای جداسازی ذرات معلق از محلول ساخت کشور آمریکا، ترازوی دیجیتالی مدل (BANDS BS-3003) برای وزن کردن جاذب و فلز سرب با دقت بالا مورد استفاده قرار گرفت. همچنین به منظور تعیین توزیع اندازه نانوفیبرلیگنوسلولز و تعیین ویژگی‌های آن از دستگاه TEM مدل (Zeiss-EM10C) استفاده شد.

۲-۳- آماده‌سازی محلول استاندارد سرب

از نمک سرب $Pb(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ، با آب مقطر دو بار یونیزه، محلول استاندارد (مادری) فلز سرب (۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) تهیه شد. برای آماده سازی این محلول باید مقدار ۱۰۰۰ میلی گرم سرب در ۱ لیتر آب مقطر دوبار یونیزه حل شود. با داشتن جرم مولکولی سرب نیترات (۳۳۱/۰۲ گرم بر مول)، جرم مولکولی سرب (۲۰۷/۰۲ گرم بر مول) و درصد خلوص سرب نیترات (۹۹/۰٪) میزان گرم نمک سرب مورد نیاز برای ساخت این محلول محاسبه و حدود (۱/۵۹۸ گرم) به دست آمد. پس از وزن کردن این مقدار نمک نیترات با رقیق سازی آن با استفاده از آب مقطر دوبار یونیزه، در بالن حجمی ۱۰۰۰ لیتری تهیه گردید. سایر محلول‌های مورد نیاز آزمایش از رقیق سازی محلول مادری با استفاده از آب مقطر دو بار یونیزه شده به طور روزانه تهیه گردیدند.

۴-۲- روش کلی آزمایش جذب سرب

به منظور بررسی درصد حذف و ظرفیت جذب سرب، با ثابت در نظر گرفتن سایر پارامترها (pH برابر ۶، غلظت سرب ۱۰ میلی گرم بر لیتر، زمان ۶۰ دقیقه، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و اضافه کردن مقادیر متفاوتی از جاذب (۱/۰، ۳/۰، ۶/۰، ۸/۰، ۱۰/۰) g به محلول استاندارد سرب با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر انجام شد. پس از به تعادل رسیدن فرایند جذب، درصد حذف و ظرفیت جذب سرب به ترتیب از طریق روابط (۱) و (۲) محاسبه شد (جمالی ارمندی و شاه محمدی، ۱۳۹۱).

$$\% \text{Removal} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \quad (۱)$$

$$q = \frac{(C_o - C_e)V}{M} \quad (۲)$$

q بیانگر مقدار یون‌های فلزی جذب شده به ازای واحد جرم جاذب بر حسب mg.g^{-1} Co غلظت اولیه فلز قبل از جذب بر حسب mg.lit^{-1} Ce غلظت فلز باقیمانده در محلول در حالت تعادل بعد از جذب بر حسب mg.g^{-1} V حجم محلول بر حسب لیتر، M جرم جاذب بر حسب g می‌باشد. لازم به ذکر است که تمامی آزمایش‌ها سه بار تکرار گردید و میانگین داده‌ها و نتایج مورد استفاده قرار گرفت (مرندی و امیرافشار، ۱۳۸۷).

۵-۲- بررسی سینیتیک جذب (مدل غیر تعادلی):

برای بررسی سینیتیک و ترمودینامیک، به ترتیب زمان و دما متغیر، سایر پارامترها ثابت در نظر گرفته شد. محلول سرب با غلظت اولیه ۱۰ میلی گرم بر لیتر ساخته شد. pH محلول‌ها، بر روی pH برابر ۶ تنظیم گردید. به هر کدام از محلول‌ها ۰/۳ گرم نانوفیبرکیتین اضافه گردید و سپس در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در داخل شیکرانکوباتور (با دور ۴۰۰۰ دور در دقیقه و زمان ۵ دقیقه) به مدت زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه و دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی گراد به هم زده شد و در پایان ارن‌های مورد استفاده از داخل شیکرانکوباتور خارج و با استفاده از دستگاه سانتیفریوژ دو فاز شد. محلول فلز سنگین باقی مانده توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. داده‌های بخش سینیتیک از داده‌های حاصل از این بخش حاصل گردید. سپس تطابق داده‌های آزمایشگاهی با مدل‌های سینیتیک مورد نظر بررسی شده و نمودارهای مربوط به هر مدل با استفاده از فرم خطی و غیر خطی آن مدل که در جدول ۱ بیان گردیده رسم شد. مدل‌های سینیتیک جذب به دو گروه قابل تقسیم هستند: ۱- مدل‌های بر پایه واکنش ۲- مدل‌های بر پایه نفوذ (نقی‌زاده و مومنی، ۱۳۹۴). مدل‌های استفاده شده در این تحقیق شامل مدل‌های واکنشی از جمله شبه مرتبه صفر، شبه مرتبه اول، شبه مرتبه دوم و شبه مرتبه سوم است و مدل‌های بر پایه نفوذ شامل مدل‌های انتشار بین ذره‌ای و مدل الویج می‌باشد. معادله سینیتیکی شبه درجه اول بر مبنای ظرفیت جاذب بوده و زمانی که جذب سطحی با استفاده از فرایند نفوذ از داخل یک لایه مرزی اتفاق افتد، کاربرد دارد (مهراسبی و فرهنگ‌دک، ۱۳۸۷). در حالی که معادله سینیتیکی شبه درجه دوم نشان می‌دهد که جذب شیمیایی فرایند غالب و کنترل کننده در فرایند جذب سطحی بوده است (Reyhanitabar, ۲۰۱۰). مدل سینیتیکی الویج بر اساس ظرفیت جذب جاذب است، بیش‌تر برای سینیتیک جذب‌های شیمیایی و سیستم‌های دارای سطوح ناهمگن قابل اجرا است (Bulgaariu و همکاران، ۲۰۱۲). انتشار بین ذره‌ای از جمله مدل‌های سینیتیکی بر پایه نفوذ است، که برای توصیف نفوذ مولکول‌های جسم حل شونده به درون فضای داخلی ذرات جامد و نیز جذب‌های رقابتی به کار می‌رود (Gueu و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۱- مدل‌های سینیتیکی و ضرایب ثابت مورد استفاده در این تحقیق

منابع	فرم خطی و غیر خطی	مدل سینیتیک
Robinson و همکاران (۲۰۰۲)	$q_t = q_0 - K_0 t$	$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t)$ سینیتیک شبه درجه صفر
Ahmad و همکاران (۲۰۰۵)	$\ln(q_e - q_t) = \ln(q_e - k_1 t)$	$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{K_1}{2.303} t$ سینیتیک شبه درجه اول
Matthew و Carol (۱۹۹۹)	$\frac{dq}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2$	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e} + \frac{1}{q_e} t$ سینیتیک شبه درجه دوم
Osifo و Igberase (۲۰۱۵)	$\frac{1}{q_t^2} = \frac{1}{q_0^2} - k_3 t$	سینیتیک شبه درجه سوم

الوینچ	$q_e = (1/\beta) \ln(\alpha\beta) + (1/\beta) \ln t$	$\frac{dq_t}{dt} = \alpha \exp(-\beta q_t)$	Dotto و همکاران (۲۰۱۷)
انتشار بین ذره ای	$q_t = k_t^{0.5} + C$		Guo و همکاران (۲۰۱۶)

۲-۶- بررسی ترمودینامیک جذب

به منظور بررسی ترمودینامیک حذف، محلول سرب با غلظت اولیه ۱۰ میلی گرم بر لیتر ساخته شد. در این مرحله pH محلول -ها بر روی pH بهینه تنظیم شد. به هرکدام از محلول‌های سرب، ۰/۳ گرم نانوفیبر لیگنوسلولز و نانوفیبر کیتین اضافه گردید و سپس در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد در داخل شیکر انکوباتور به مدت ۶۰ دقیقه به هم زده شد و در پایان ارلن‌های مورد استفاده از داخل شیکر انکوباتور خارج و با استفاده از سانتی‌فیوژ (با دور ۴۰۰۰ دور در دقیقه و زمان (۵ دقیقه) دو فاز شد و محلول‌ها جهت اندازه‌گیری مورد آماده سازی قرار گرفتند. داده‌های بخش ترمودینامیک از داده‌های حاصل از این بخش حاصل گردید. سپس تطابق داده‌های آزمایشگاهی با مدل ترمودینامیک بررسی شده و نمودارهای مربوط به آن رسم گردید. به منظور تعیین پارامترهای ترمودینامیکی، مقادیر $1/T$ در مقابل $\ln k_c$ رسم شد. شیب حاصل، بیانگر مقدار ΔH^0 بر حسب کیلوژول بر مول و عرض از مبدا، بیانگر پارامتر ΔS^0 بر حسب کیلوژول بر مول است. بعد از رسم منحنی و با محاسبه ΔH^0 و ΔS^0 خودبه خودی بودن و گرمازا یا گرماگیر بودن فرایند جذب مشخص شد.

سه پارامتر ترمودینامیکی که در مطالعه فرآیند جذب بایستی بررسی و تعیین مقدار گردند، عبارتند از: انرژی آزاد استاندارد (ΔG^0)، آنتالپی استاندارد (ΔH^0) و آنتروپی استاندارد (ΔS^0). ترمودینامیک جذب سطحی سرب توسط نانوفیبر لیگنوسلولز و پارامترهای مرتبط با هر کدام به شرح زیر می باشد. مقادیر ترمودینامیکی با استفاده از روابط (۱، ۲، ۳) بدست آمد که به شرح زیر است (مهراسبی و فرهنگیا، ۱۳۸۷).

$$\Delta G = -RT \ln K_c \quad (۱)$$

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \quad (۲)$$

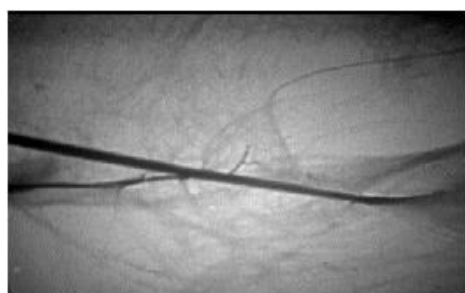
$$\ln k_c = -\frac{\Delta H}{R} \frac{1}{T} + \frac{\Delta S}{R} \quad (۳)$$

ΔG^0 بیانگر تغییرات انرژی آزاد استاندارد و بر حسب $J.mol^{-1}K^{-1}$ می باشد. ΔH^0 و ΔS^0 به ترتیب بیانگر آنتالپی و آنتروپی بر حسب $KJ.mol^{-1}$ ، R بیانگر ثابت جهانی گازها بر حسب $J.mol^{-1}K^{-1}$ ، T دمای مطلق بر حسب کلوین، K_c بیانگر ثابت تعادل و بدون مقیاس است (Gonzalez و همکاران، ۲۰۱۵).

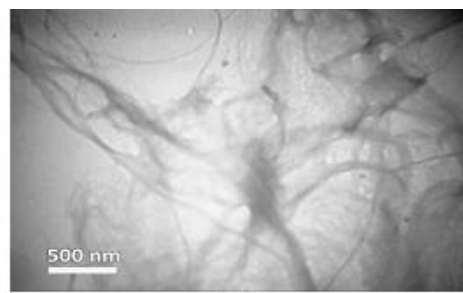
۳- نتایج و بحث

۳-۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) جاذب‌ها

شکل ۱، تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری به دست آمده از نانوفیبر لیگنوسلولز و نانوفیبر کیتین را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، ماده مورد استفاده دارای قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر (محدوده نانومتری) و دارای ساختار فیبری و شبکه‌ای است. متوسط قطر هر دو جاذب 65 ± 10 نانومتر اندازه‌گیری شد.



(ب)



(الف)

شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری از نانوفیبر لیگنوسلولز (الف) و نانوفیبر کیتین (ب)

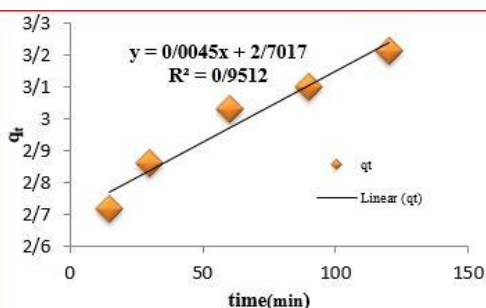
۳-۲- سینیتیک جذب

نتایج حاصل از بررسی مدل‌های سینیتیک جذب سرب در جدول ۲ و نمودارهای (۱۳ تا ۲۳) آورده شده است و مقادیر ضرایب ثابت مدل‌های سینیتیک برای فرایند جذب مورد بررسی قرار گرفت. ضریب همبستگی (R^2) مدل‌های سینیتیک جذب توسط جاذب نانوفیبرکیتین برای سینیتیک واکنشی شبه درجه صفر ($0/9512$)، شبه درجه ۱ ($0/9303$)، شبه درجه ۲ ($0/9992$)، شبه درجه ۳ ($0/6502$) و برای مدل‌های نفوذی انتشار بین ذره‌ای ($0/9878$) و الویج ($0/9920$) به دست آمد. ضریب همبستگی (R^2) مدل‌های سینیتیک جذب توسط جاذب نانوفیبرکیتین برای سینیتیک واکنشی شبه درجه صفر ($0/6762$)، شبه درجه ۱ ($0/9517$)، شبه درجه ۲ (1)، شبه درجه ۳ ($0/6502$) و برای مدل‌های نفوذی انتشار بین ذره‌ای ($0/7758$) و الویج ($0/87$) بدست آمد. در نتیجه با توجه به بیش‌تر بودن ضرایب همبستگی سینیتیک شبه درجه دوم و الویج جاذب نانوفیبرکیتین می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های تجربی حاصل از آزمایشات جذب سرب با هر دو مدل سینیتیک شبه درجه دوم و مدل سینیتیک الویج از تناسب بالایی برخوردار بودند و با توجه به اینکه هر دو مدل بیانگر جذب شیمیایی می‌باشند بنابراین جذب شیمیایی فرایند غالب و کنترل‌کننده در فرایند جذب سطحی سرب بوده و مکانیسم جذب، به صورت واکنشی نفوذی بوده یعنی تلفیق جذب بر سطح جاذب و همچنین نفوذ در برخی لایه‌های سطوح مختلف جاذب است (معطر و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین برای جاذب نانوفیبرلیگنوسولوز توجه به بیش‌تر بودن ضرایب همبستگی سینیتیک شبه درجه اول و دوم می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های تجربی حاصل از آزمایشات جذب سرب با معادله سینیتیک شبه درجه اول و دوم از تناسب بالایی برخوردار بوده ولی داده‌ها با مدل شبه درجه دوم بهتر توصیف شدند بنابراین جذب شیمیایی فرایند غالب و کنترل‌کننده در فرایند جذب سطحی سرب بوده و مکانیسم غالب کنترل‌کننده نرخ جذب، نفوذ نبوده بلکه جذب در سطح جاذب است. بنابراین جذب سرب توسط هر دو جاذب شیمیایی بوده است (شکوهی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به نزدیکی مقدار R^2 مدل‌های سینیتیک مورد استفاده هر دو جاذب به عدد ۱، نتیجه‌گیری می‌شود که داده‌های آزمایشگاهی جذب سرب، روند قابل قبولی داشته و انحراف کمی از مدل‌ها داشته است. مطالعات مشابهی توسط پژوهشگران برای بررسی تاثیر سینیتیک بر میزان حذف سرب توسط جاذب کیتین و لیگنوسولوز و مشتقات آن‌ها در مقیاس نانو و میکرو صورت گرفته است. Forutan همکاران (۲۰۱۶) از جاذب کیتین برای حذف سرب از محلول‌های آبی استفاده کردند. آزمایش در سیستم ناپیوسته و پیوسته انجام شد. سینیتیک شبه درجه اول و شبه درجه دوم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که داده‌ها از سینیتیک شبه درجه دوم پیروی کردند که با نتایج بدست آمده جاذب نانوفیبرکیتین مطابقت داشته است. Anirudhan و همکاران (۲۰۱۶) از کامپوزیت نانوسولوز برای حذف کبالت از محلول‌های آبی استفاده کردند. سینیتیک جذب بررسی گردید و نتایج نشان داد که داده‌ها از سینیتیک درجه دوم تبعیت کردند که با نتایج به دست آمده جاذب نانوفیبرلیگنوسولوز مطابقت داشت.

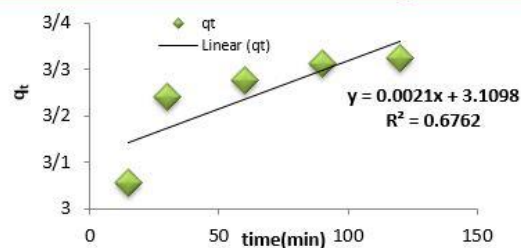
جدول ۲- داده‌های بدست آمده از بررسی مدل‌های سینیتیک جذب سرب توسط نانوفیبرکیتین

ضرایب ثابت			جاذب	نوع سینیتیک
K ₀ (g.mg ⁻¹ .min ⁻¹)	q _e (mg.g ⁻¹)	R ²	نانوفیبر کیتین	شبه درجه صفر
۰,۰۱۹۸	۲,۷۰۱	۰,۹۵۱۲		
۰,۰۰۲۱	۰,۱۰۳	۰,۶۷۶۲		
K ₁ (1.min ⁻¹)	q _e (mg.g ⁻¹)	R ²	نانوفیبر لیگنوسولوز	شبه درجه یک
۰,۰۱۹۸	۲,۸۶	۰,۹۳۰۳		
۰,۰۳۷۸	۳,۲۴۱	۰,۹۵۱۲		
K ₂ (g.mg ⁻¹ .min ⁻¹)	q _e (mg.g ⁻¹)	R ²	نانوفیبر لیگنوسولوز	شبه درجه دوم
۰,۰۷۰	۳,۲۹۳	۰,۹۹۹۲		
۰,۲۱۷	۳,۶۰	۱		
K ₃ (g.mg ⁻² .min ⁻²)	q _e (mg.g ⁻¹)	R ²	نانوفیبر کیتین	شبه درجه سوم
-۰,۰۰۰۱	۳,۱	۰,۶۵۰۲		
۰,۰۰۰۱	۳,۱	۰,۶۵۰۲		
C(mg.g ⁻¹)	k _{diff} (mg.g ⁻¹ .min ⁻¹) ^{-1/2}	R ²	نانوفیبر کیتین	انتشار بین ذره ای
۲,۴۷۲	۰,۰۶۸۳	۰,۹۸۷۸		

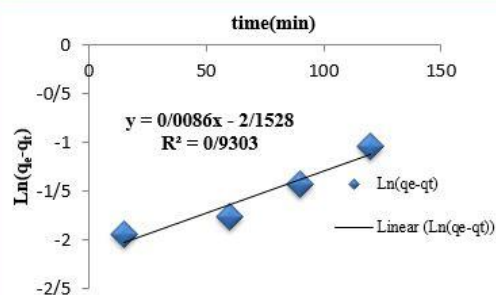
۲,۹۹۱	۰,۰۳۳۳	۰,۷۷۵۸	نانوفیبر لیگنوسلولز	الویج
$\alpha(\text{mg.g}^{-1}\text{min}^{-1})$	$\beta(\text{g.mg}^{-1})$	R^2	کیتین	
۰,۲۳۳	۴,۲۸۸	۰,۹۹۲۰	نانوفیبر لیگنوسلولز	
	۸,۳۱۹	۰,۸۷		



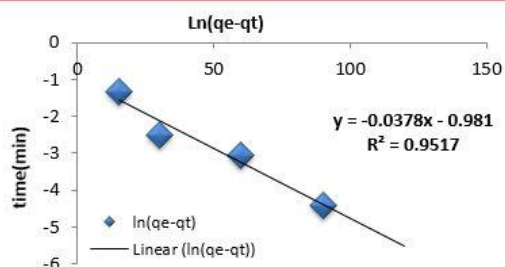
شکل ۳- مدل سینتیکی شبه درجه صفر جذب سرب توسط نانوفیبر کیتین



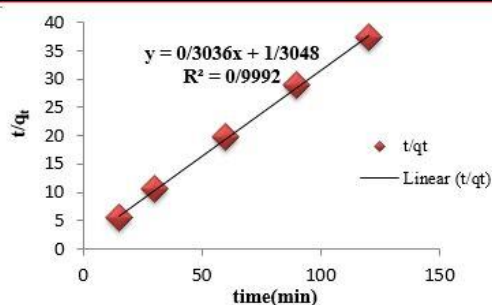
شکل ۴- مدل سینتیکی شبه درجه صفر جذب سرب توسط نانوفیبر لیگنوسلولز



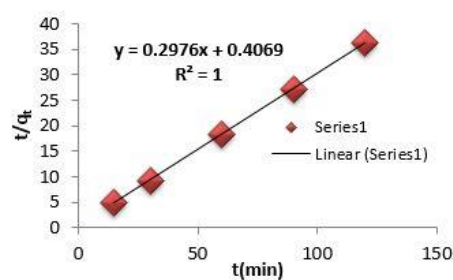
شکل ۵- مدل سینتیکی شبه درجه اول جذب سرب توسط نانوفیبر کیتین



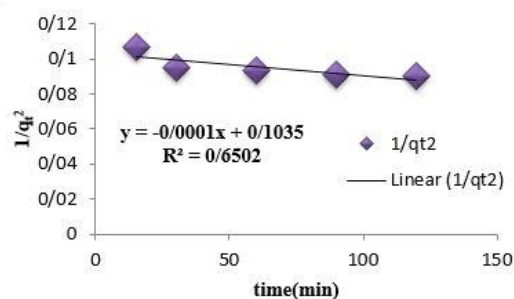
شکل ۶- مدل سینتیکی شبه درجه اول جذب سرب توسط نانوفیبر لیگنوسلولز



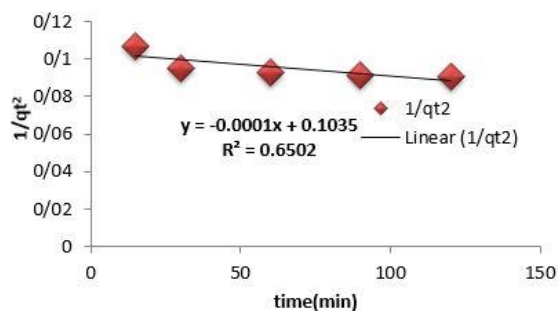
شکل ۷- مدل سینتیکی شبه درجه دوم جذب سرب توسط نانوفیبر کیتین



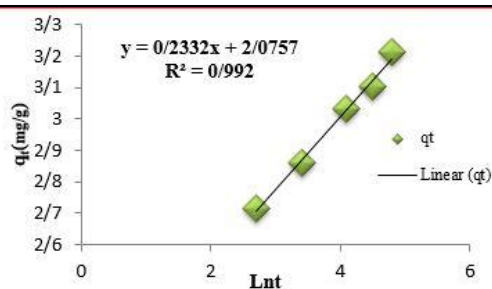
شکل ۸- مدل سینتیکی شبه درجه دوم جذب سرب توسط نانوفیبر لیگنوسلولز



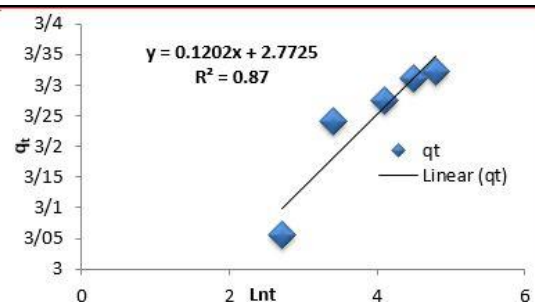
شکل ۹- مدل سینتیکی شبه درجه سوم جذب سرب توسط نانوفیبر کیتین



شکل ۱۰- مدل سینتیکی شبه درجه سوم جذب سرب توسط نانوفیبر لیگنوسلولز



شکل ۱۱- مدل سینتیکی الویج جذب سرب توسط نانوفیبر کیتین



شکل ۱۲- مدل سینتیکی الویج جذب سرب توسط نانوفیبر لیگنوسلولز

۳-۳- ترمودینامیک جذب

در این تحقیق با توجه به نتایج بدست آمده از جدول ۳، فرایند حذف فلز سرب توسط نانو فیبر کیتین و نانوفیبر لیگنوسلولز، از لحاظ استوکیومتری امکان پذیر بوده و دلالت بر خود به خودی بودن فرایند جذب سرب داشت. برای هر دو جاذب با افزایش دما، ΔG° (انرژی آزاد گیبس) کمتر شده و در نتیجه خود به خودی بودن فرایند واکنش افزایش یافت. همچنین مقادیر منفی ΔH° (آنتالپی) نشان داد که فرایند کلی واکنش نانوفیبر کیتین و نانوفیبر لیگنوسلولز گرمازا بوده یعنی با کاهش دمای محیط، میزان حذف بالا رفت. تغییرات آنتالپی بالا بیانگر حساس بودن فرایند جذب به دما بوده است (شکوہی و همکاران، ۱۳۸۹). مقادیر مثبت ΔS° (آنتروپی) نیز نشان داد که میزان بی نظمی در سطح مشترک جامد و مایع در طول فرایند جذب سرب توسط جاذب نانوفیبر لیگنوسلولز و نانوفیبر کیتین افزایش یافت. در واقع مقادیر مثبت ΔS° نمایانگر تمایل جاذب به ماده جذب شونده در محلول و برخی تغییرات ساختاری در جاذب و جذب شونده است (سلطانی نژاد و همکاران، ۱۳۸۹). مطالعات مشابهی توسط پژوهشگران برای بررسی تاثیر ترمودینامیک بر میزان حذف سرب صورت گرفته است. Labidi و همکاران (۲۰۱۶) از جاذب کیتین برای جذب مس استفاده کردند. نتایج حاصل از ترمودینامیک با توجه به مقادیر منفی آنتالپی و کاهش راندمان جذب با افزایش دما حاکی از گرمازا بودن واکنش جذب سرب بوده است و در نتیجه یافته‌های آن‌ها با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشته است. Ge و همکاران (۲۰۱۶) از لیگنین برای حذف سرب استفاده کردند نتایج حاصل از ترمودینامیک با توجه به مقادیر مثبت آنتالپی و افزایش راندمان جذب با افزایش دما حاکی از گرماگیر بودن واکنش بوده است در حالی که در این تحقیق با افزایش دما راندمان جذب کاهش یافت که حاکی از گرمازا بودن واکنش بوده است و در نتیجه با نتایج حاصل از این تحقیق مغایرت داشته است.

جدول ۳- پارامترهای ترمودینامیکی نانوفیبرکیتین و نانوفیبرلیگنوسلولز

ΔS° ($J \times mol^{-1} \times K^{-1}$)	ΔH° ($kJ mol^{-1}$)	ΔG ($kJ mol^{-1}$)		T (K)	T ($^\circ C$)
+۷۷/۳۱۷۷۰۶	۲۹۹۴۲/۰۴-	-۵۱۶۹/۴	نانوفیبرلیگنوسلولز	۲۸۸	۱۵
		-۴۸۹۶/۶	نانوفیبرکیتین	۲۸۸	
+۵۹/۸۶۹۹۴	۲۳۷۹۳/۰۸-	۷۹۷۳/۶۷-	نانوفیبرلیگنوسلولز	۲۹۳	۲۰
		۵۱۸۸۱/۳-	نانوفیبرکیتین	۲۹۳	
		۱۰۵۲/۵-	نانوفیبرلیگنوسلولز	۲۹۸	۲۵
		۱۱۴۲۱/۶-	نانوفیبرکیتین	۲۹۸	
		۷۰۹۲/۲۸-	نانوفیبرلیگنوسلولز	۳۰۳	۳۰
		۴۱۷۶/۶-	نانوفیبرکیتین	۳۰۳	
		۳۸۲۴/۳۷-	نانوفیبرلیگنوسلولز	۳۱۳	۴۰
		۳۹۱۹/۵۵-	نانوفیبرکیتین	۳۱۳	

۴- نتیجه گیری

بررسی تصاویر TEM بیانگر فیبری و شبکه‌ای بودن این جاذب بوده است. سینتیک و ترمودینامیک جذب یون سرب توسط دو جاذب نانوفیبرکیتین و نانوفیبرلیگنوسلولز بررسی شد. طبق نتایج بررسی مدل‌های سینتیک واکنشی و نفوذی نانوفیبرکیتین، داده‌ها با سینتیک شبه درجه دوم ($R^2 = 0.9992$) و سینتیک الویج ($R^2 = 0.992$) بیش‌ترین مطابقت را داشتند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت جذب سطحی سرب از نوع شیمیایی و جذب کاتیون‌ها هم در سطح جاذب و هم با نفوذ به داخل منافذ جاذب صورت گرفته است. طبق نتایج جدول بدست آمده از بررسی مدل‌های سینتیک واکنشی و نفوذی نانوفیبرلیگنوسلولز، داده‌ها با سینتیک شبه درجه دوم ($R^2 = 1$) بیش‌ترین مطابقت را داشتند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت جذب سطحی سرب با این جاذب نیز از نوع شیمیایی و بیش‌تر جذب کاتیون‌ها در سطح جاذب بوده و نفوذ به داخل منافذ در هنگام جذب کمتر صورت گرفته است. اثر تغییرات دما بر روند حذف سرب به وسیله جاذب‌ها بررسی شد و ثابت‌های ترمودینامیکی در فرایند جذب محاسبه گردید. مطالعات ترمودینامیکی نشان داد، با توجه به منفی بودن ΔH° به‌دست آمده برای هر دو جاذب، واکنش گرمازا بوده زیرا با کاهش دمای محیط میزان حذف افزایش یافت. مقادیر منفی ΔG° برای فرایند جذب سرب توسط دو جاذب بیانگر این مطلب است که فرایند جذب منجر به کاهش انرژی آزاد گیبس و در نتیجه خود به خودی بودن جذب سرب امکانپذیر بود. همچنین از مثبت به‌دست آمدن ΔS° دو جاذب می‌توان نتیجه گرفت که، در طول فرایند جذب سطحی بی‌نظمی افزایش یافت. در نهایت این که نانوفیبرکیتین و نانوفیبرلیگنوسلولز به دلیل کارایی بالایی که دارد با وجود تغییرات دما، زمان و دوز جاذب قادر به جذب زیاد فلز سرب از محلول آبی بوده و به دلیل استحکام مکانیکی بالا، سطح تماس وسیع و ساختار شبکه‌ای و فیبری می‌تواند برای حذف سایر فلزات سنگین از منابع آبی به کار گرفته شود.

منابع

۱. حسن پور، م.، خضری، م.، دهقانی فرد، ع.، (۱۳۹۴)، «بررسی کارایی کیتوزان مغناطیسی شده در حذف نیترات از محلول‌های آبی»، مجله مهندسی بهداشت محیط، ۴: ۲۷۱-۲۸۲.
۲. جمالی ارمندی، ح.، شاه محمدی، ش.، (۱۳۹۱)، «تأثیر غلظت بر راندمان و زمان تعادل جذب سرب از محیط آبی توسط جاذب پوسته شلتوک»، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۵(۴): ۲۰-۲۹.
۳. سلطانی نژاد، ش.، امتیازی، گ.، ستایی مختاری، ط.، (۱۳۸۹)، «بررسی جذب فلزات سنگین (سرب و روی) بوسیله پلی-مرهای خارج سلولی باکتری‌ها»، مجله زیست فناوری میکروبی دانشگاه آزاد اسلامی، ۲(۷): ۲۳-۲۸.
۴. شکوهی، م.، فقهیان، ح.، نورمرادی، ح.، (۱۳۸۹)، «بررسی راندمان سیلیکا آئروژل اصلاح شده در حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی»، مجله تحقیقات نظام سلامت، ۶(۶): ۹۷۴-۹۸۲.

۵. شکوهی، ر.، احسانی، ح.، طرلاتی آذر، م.، (۱۳۹۰)، «بررسی بازده حذف فلزات سرب و کادمیوم توسط گرانول مرجان آهکی از محیط آبی»، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۶(۱):۱۱۱-۱۲۱.
۶. منشوری، م.، یزدانبحش، ح.، دارایی، ه.، نوری سپهر، م.، (۱۳۹۲)، «بررسی حذف سرب از محلول‌های آبی با استفاده از پرشترمرغ اصلاح شده با پراکسید هیدروژن»، مجله علوم پزشکی هرمزگان، ۱۷(۴):۳۰۸-۳۱۵.
۷. مرنندی، ر.، امیر افشار، ح.، (۱۳۸۷)، «جذب بیولوژیکی $Pb(II)$ و $Zn(II)$ به وسیله بیومس غیرزنده *phanerochaete* *Chrysosporium*»، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۰(۴):۱۹۶-۲۰۶.
۸. معطر، ف.، جوادی، ا.، کرباسی، ع.، منوری، م.، (۱۳۹۰)، «بررسی توانایی گیاه نیلو فر آبی سفید (*Nymphaea alba*) در کاهش فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، منگنز) از محلول‌های آبی»، مجله انسان و محیط زیست، ۴۱:۱۶-۴۹.
۹. مهراسی، م.، فرهنگدک، ز.، (۱۳۸۷)، «حذف فلزات سنگین از محیط آبی توسط جذب سطحی بر روی پوست موز اصلاح شده»، مجله سلامت و محیط، فصلنامه انجمن علمی بهداشت ایران، ۱(۱):۵۷-۶۶.
۱۰. نقی‌زاده، ع.، مومنی، ف.، (۱۳۹۴)، «بررسی کارایی نانوذرات گرافن اکساید در حذف کروم و سرب از محلول‌های آبی»، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، ۲۲(۱):۲۷-۳۸.
11. Ahmad, A.L., Sumathi, S., and Hameed, B.H., (2005). Adsorption of residue oil from palm oil mill, effluent using powder and flake chitosan: Equilibrium and kinetic studies, *Water Res.*, 39(12):2483–2494.
12. Anirudhan, T.S., Deepa, J.R., and Christa, J., (2016). Nanocellulose/nanobentonite composite anchored with multi-carboxyl functional groups as an adsorbent for the effective removal of cobalt (II) from nuclear industry wastewater samples, *Journal of Colloid and Interface Science*, 467:307-320.
13. Bulgaariu, L., Bulgariu, D., and Rusu, C., (2012). Marine algae biomass for removal of heavy metal ions, *Journal of marine algal biotechnology*, 25:615-642.
14. Calagui, M.C., Senoro, D.B., Kan, C., Salvacion, Jonathan, W.L., (2014). Adsorption of indium (III) ions from aqueous solution using chitosan-coated bentonite beads, *Journal of Hazardous Materials*, 277:120-126.
15. Carol, L.L., and Matthew P.H., (1999). An investigation into the use of chitosan for the removal of soluble silver from industrial wastewater, *Environ. Sci. Technol.*, 33:3622–3626.
16. Dotto, G.L., Santos, J.M.N., Tanabe, E.H., Bertuol, D.A., Foletto, E.L., Lima, E.C., Pavan, F.A., (2017). Chitosan/polyamide nanofibers prepared by Force spinning technology: A new adsorbent to remove anionic dyes from aqueous solutions, *Journal of cleaner production*, 144:120–129.
17. Forutan, R., Ehsandoost, E., Hadipour, S., Mobaraki, Z., Saleki, M., and Mohebbi, G., (2016). Kinetic and equilibrium studies on the adsorption of lead by the chitin of pink shrimp (*Solenocera melanthero*), *Entomology applied science letters*, 3(3):20–26.
18. Ge, H., Hua, T., and Chen, X., (2016). Selective adsorption of lead on grafted and crosslinked Chitosan nanoparticles prepared by using Pb^{2+} as template, *Journal of hazardous materials*, 308:225-232.
19. Gonzalez A., Villanueva, M., Piehl, L., Copollo, G., (2015). Development of a chitin/graphene oxide hybrid composite for the removal of pollutant dyes: Adsorption and desorption study, *Chemical engineering journal*, 280:41-48.
20. Gueu, S., Yao, B., Adouby, K., Adouby, K., Ado, G., (2007). Kinetic and Thermodynamics Study of Lead adsorption on to activated carbons from Coconut and seeds hull of palm tree, *Int.j. Env. Sci.Tech*, 4(1):11-17.
21. Guo, L., Duan, B., and Zhang, L., (2016). Construction of controllable size silver nanoparticles immobilized on nanofibers of chitin microspheres via green pathway, *Journal of nano research*, 9(7):2149–2161.
22. Igberase, E., and Osifo, P.O., (2015). Equilibrium, kinetic, thermodynamic and desorption studies of cadmium and lead by polyaniline grafted cross-linked chitosan beads from aqueous solution, *J. Ind. Eng. Chem.*, 26:340–347.
23. Karthik, R., and Meenakshi, S., (2016). Biosorption of $Pb(II)$ and $Cd(II)$ ions from aqueous solution using polyaniline/chitin composite, *Separation Science and technology*, 51(5):733-742.
24. Labidi, A., Salaberria, A.M., Fernandes, S.C., Labidi, J., and Abderrabba, M., (2016). Adsorption of copper on chitin-based materials: Kinetic and thermodynamic studies, *Journal of the taiwan institute of chemical engineers*, 65:140-148.

25. Nasiruddin Khan., B., Bhutto, S., Wasim, S., Khushid, S., (2016). Removal studies of Lead activated carbon derived from Lignocellulose Mangifera indica seed shell, Journal of toxicological & environmental chemistry, 57(24):11211-11220.
26. Reyhanitabar, A., (2010). Kinetics of DTPA extraction of Iron from Some Calcareous Soils of Iran, j, Water & Soil Science, 21(1):71-83.
27. Robinson, T., Chandran, B. and Nigam, P., (2002). Removal of dyes from a synthetic textile dye effluent by biosorption on apple pomace and wheat straw. Water Res, 36:2824-2830.
28. Samana, N., Johari, K., Songa, ST., Konga, H., Cheua, S.C., Mata, H., (2017). High removal efficacy of Hg(II) and MeHg(II) ions from aqueous solution by organoalkoxysilane-grafted lignocellulosic waste biomass, Journal of chemosphere, 171:19-30.

A comparison study on the kinetic and thermodynamics of lead absorption from aqueous solutions by natural bio-polymers (lignocellulose Nano-fibers and chitin Nano-fibers)

Saeedeh Rastgar ^{1,*}, Hassan Rezaei ²

¹ M.Sc. graduate in environmental pollution, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

² Assistant professor in environmental pollution, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

*Corresponding author: saeederastgar@yahoo.com

Abstract

Many industrial wastewaters contain a wide range of lead and the adsorption process using Nano-biopolymer adsorbents is a novel high-performance ways for their purification. The goal of this study was to investigate and compare important topics of absorption (kinetics and thermodynamics) of lead absorption by lignocellulose Nano-fibers and chitin Nano-fibers adsorbents. In this study, transient electron microscopy (TEM) was used to identify the physical and structural characteristics of their adsorbents. Rate of reaction absorption were investigated using pseudo-zero-order reactive models, first-order pseudo-second order, second-order, pseudo-third order and kinetic-penetrating models, including propagation between particle and elvish. To study the absorption temperature, thermodynamic parameters such as Gibbs energy (ΔG), enthalpy (ΔH°) and entropy (ΔS°) were calculated. Results showed that the highest amount of lignocellulose Nano-fibers ($R^2=1$) adsorbent correlation coefficient with quadratic kinetic model and chitin Nano-fibers data with both pseudo-second-order kinetic models ($R^2= 0.9992$) and elvish equation model ($R^2= 0.9920$). Thus, the absorption of lead by both adsorbents is chemical type. The results of thermodynamics express themselves spontaneously, thermally and increase the rate of reaction disorder. The TEM showed the adsorbents have fibers and the networking crystalline structure.

Keywords: thermodynamics, lead, kinetics, lignocellulose Nano-fibers, chitin Nano-fibers.

ارزیابی استرس حرارتی در نانوائی های شهر بجنورد بر اساس شاخص دمای تر گویسان (WBGT) و شاخص تنش گرمایی (HSI)

رجبعلی حکم آبادی^{۱*}، افسانه صادقی^۲، فاطمه کریمی^۲، فاطمه روحانی^۲، رقیه قاسمی^۲

۱- فوق لیسانس بهداشت حرفه ای، عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران

۲- لیسانس مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی

چکیده

مقدمه: گرما یکی از مهمترین عوامل فیزیکی زیان آور در بسیاری از محیط های کاری می باشد. کار در محیط های گرم موجب استرس در کارگران می شود و علاوه بر کاهش قابلیت های انجام کارشان، باعث بروز بیماری های متعددی در کارگران می گردد. فعالیت در نانوائی به جهت ماهیت کار به عنوان یکی از مشاغل پرمخاطره از لحاظ استرس گرمایی محسوب می شود. لذا هدف از این مطالعه ارزیابی استرس حرارتی در نانوائی ها بر اساس شاخص دمای تر گویسان و شاخص تنش گرمایی می باشد. روش کار: مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی - تحلیلی و مقطعی می باشد که در تابستان سال ۱۳۹۵ در نانوائی های شهر بجنورد انجام گردید. در این مطالعه از دستگاه WBGT متر دیجیتال، برای اندازه گیری دمای خشک، دمای گویسان و دمای تر و از دستگاه آنومتر برای سنجش سرعت جریان هوا استفاده گردید. اندازه گیری پارامترهای موردنظر در حد فاصل شاطر، نان گیر و زباله گیر و در زمان های صبح، ظهر و عصر و در سه ارتفاع قوزک پا، شکم و سر انجام گرفت. همچنین داده ها به نرم افزار آماری SPSS ورژن ۱۹ منتقل و سپس با استفاده از شاخص های آماری توصیفی و آزمون های تحلیلی، داده ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج: تعداد ۸۰ نانوائی شامل نانوائی بربری (۳۴ مورد)، تنوری (۸ مورد)، سنگک (۷ مورد)، تافتون و فتیرپزی (۱۸ مورد) و لواش یا نازک پزی (۱۳ مورد) بررسی گردید که میانگین شاخص WBGT برابر 28.81 ± 3.42 و میانگین شاخص HSI برابر 86.47 ± 13.46 بود. مقادیر اکثر ایستگاه های اندازه گیری شده بیش از حد مجاز می باشد. همچنین میزان شاخص های WBGT و HSI با نوع وظیفه، زمان اندازه گیری، نوع نانوائی و وضعیت تهویه نانوائی اختلاف معناداری وجود داشت. نتیجه گیری: نتایج نشان داد که اغلب نانوائی های مورد بررسی شرایط کار برای کارگرانی که در مقابل و نزدیکی تنور فعالیت دارند در محدوده غیر مجاز بوده است و لزوم کنترل های مدیریتی و فنی برای کاهش استرس گرمایی تاکید می شود.

کلمات کلیدی: ارزیابی استرس حرارتی، نانوائی، شاخص دمای تر گویسان، شاخص تنش گرمایی

۱-مقدمه

شرایط جوی مناسب برای آسایش انسان، محیطی است که دمای خشک آن ۲۱-۲۴ درجه سانتیگراد و میزان رطوبت ۵۰٪ می باشد. گرما یکی از مهمترین عوامل فیزیکی زیان آور فیزیکی در بسیاری از محیط های کاری می باشد (۱). کار در محیط های گرم موجب استرس در کارگران می شود و علاوه بر کاهش قابلیت های انجام کارشان، باعث بروز بیماری های متعددی در کارگران می گردد (۲) از جمله خستگی ناشی از گرما، کرامپ گرمایی، گرمزدگی، جوش های گرمایی، علائم عصبی و روانیو همچنین می تواند یک ریسک فاکتوری باشد برای بیماری های قلبی و عروقی و موجب افزایش حوادث ناشی از کار می شود (۳). بر اساس گزارش اداره آمار کار آمریکا در سال ۲۰۰۴ برآورد شده است که حدود ۱۴ میلیون کارگر در کارخانه های این کشور مشغول کار هستند که

^۱ فوق لیسانس بهداشت حرفه ای، عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران. . Abi.hse2006@gmail.com. (نویسنده مسئول).

در بخش های وسیعی از آن عوارض ناشی از گرما گزارش شده است که یک نمونه از آن مرگ ۱۸ نفر به علت شرایط گرمایی نامطلوب در یکی از صنایع بود (۴) همچنین در ژاپن مشخص شد که از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ به طور میانگین ۱۳,۸ کارگر ژاپنی در هر سال به علت عوارض مرتبط با گرما جان خود را از دست داده اند (۵). در حال حاضر تعداد مرگ های ناشی از استرس گرمایی در آمریکا و کانادا سالیانه ۲۲۰ مورد می باشد. اداره بهداشت تورنتوی کانادا پیش بینی کرده است که مرگ و میر های ناشی از گرما در این ایالت از ۲۰ مورد در سال ۲۰۰۰ به ۳۰۰ مورد در ۲۰۲۰ خواهد رسید (۶). شاخص های بسیاری برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط کار وجود دارد که از آن جمله می توان به WBGT, WD, WGT, ET, CET و HSI اشاره کرد که دو شاخص WBGT و HSI بیشتر برای ارزیابی استرس گرمایی محیط کار مورد استفاده قرار می گیرد زیرا WBGT یکی از پرکاربرد ترین شاخص های تجربی استرس گرمایی در جهان است (۷). WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) برای ۷ ساعت کاری و یک ساعت استراحت برابر ۲۸ سانتیگراد تعیین شده است (۸-۹) و میزان حد مجاز شاخص $HSI = 40\%$ (Heat Stress Index) می باشد (۳). WBGT توسط بسیاری از سازمان های بین المللی برای ارزیابی میزان مواجهه کارگران با محیط گرم توصیه شده است و به عنوان یک استاندارد ISO پذیرفته شده است (ISO7243) (۱۰). ارزیابی میزان مواجهه با گرما در کارگران نانوایی های شهر اصفهان با کاربرد شاخص دمای تر گوی سان شاخص نمره استرس گرمایی و دمای دهانی توسط آقایان رضا چرخ انداز یگانه، جلال عباسی، حبیب الله دهقان انجام شده که بر اساس نتایج این مطالعه وضعیت استرس گرمایی در نانوایی های شهر اصفهان نگران کننده بود و برنامه ریزی در جهت کنترل استرس گرمایی در نانوایی های شهر اصفهان ضروری می باشد (۱۱). در مطالعه ای که توسط میترا حنانی و همکاران، بر روی ۱۷۵ کارگر در ۱۰۰ نانوایی در شهر کاشان انجام شد مشخص گردید که میزان استرس حرارتی در نانوایی های سنتی ۵۴,۳٪ و در نانوایی های ماشینی ۴۵,۸٪ بوده است. کارگرانی که در نانوایی با تکنولوژی پخت سنتی کار می کنند ۳,۳ برابر بیشتر از کارگران نانوایی ماشینی در معرض مواجهه با استرس حرارتی هستند (۱۲). فعالیت در نانوایی به جهت ماهیت کار به عنوان یکی از مشاغل پرمخاطره از لحاظ استرس گرمایی محسوب می شود. با توجه به گسترش جمعیت و نیاز روز افزون به افزایش کمی پخت نان و عدم استفاده از روش های پخت اتوماتیک، تعداد شاغلین این حرفه رو به افزایش می باشد که در مواجهه با استرس گرمایی می باشند طبق برآورد در حال حاضر در کشور حدود یکصد هزار نفر مشغول فعالیت در نانوایی ها هستند که سهم شهر بجنورد با تعداد ۲۰۰ نانوایی حدوداً ۶۰۰ نفر می باشد. لذا هدف مطالعه، ارزیابی وضعیت استرس حرارتی کارگران نانوایی های شهر بجنورد توسط دو شاخص WBGT و HSI می باشد.

۲- روش کار

مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی - تحلیلی و مقطعی در نانوایی های شهر بجنورد و در فصل تابستان سال ۱۳۹۵ انجام گردید. به طور کلی حدود ۲۰۰ نانوایی در شهر بجنورد فعالیت دارند بر اساس فرمول تعیین حجم نمونه، تعداد ۸۰ نانوایی به عنوان نمونه های تحقیق انتخاب گردید.

$$n_0 = \frac{z^2 P(1-P)}{d^2} = \frac{(1.96)^2 \times (0.9) \times (0.1)}{(0.05)^2} = 139$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} = \frac{139}{1 + \frac{139}{200}} = 80$$

در این مطالعه از دستگاه WBGT متر دیجیتال ساخت شرکت Casella، برای اندازه گیری دمای خشک، دمای گوی سان و دمای تر و از دستگاه آنومتر برای سنجش سرعت جریان هوا استفاده شد. اندازه گیری پارامترهای موردنظر در حد فاصل شاطر، نان گیر و زباله گیر و در زمان های صبح، ظهر و عصر و در سه ارتفاع قوزک پا، شکم و سر انجام گرفت و با استفاده از فرمول مربوطه WBGT متوسط محاسبه می شود.

$$\overline{WBGT} = \frac{WBGT_{\text{قوزک پا}} + 2 \times WBGT_{\text{شکم}} + WBGT_{\text{سر}}}{4}$$

باتوجه به نوع کار در نانوائی ها که جزء کارهای متوسط می باشد میزان مجاز WBGT برابر ۲۸ درجه سانتیگراد و HSI برابر ۴۰٪ می باشد که نتایج اندازه گیری با این مقادیر مقایسه شده است. پس از گردآوری داده ها با استفاده از فرمول زیر میزان WBGT و از طریق نمودار میزان HSI محاسبه می گردد. نتایج بدست آمده از فرمول و نمودار با مقادیر حد مجاز مواجهه مقایسه می گردد. همچنین داده ها به نرم افزار آماری SPSS منتقل و سپس با انجام آزمون های آماری توصیفی و آزمون های آنالیز واریانس (ANOVA)، تی و آزمون کولموگروف - اسمیرنوف رابطه بین شاخص ها و متغیرها بررسی می شود همچنین جهت تعیین همبستگی دو روش از آزمون های همبستگی پیرسن استفاده شد.

۳- نتایج

در این پژوهش تعداد ۸۰ نانوائی شامل نانوائی بربری (۳۴ مورد)، تنوری (۸ مورد)، سنگک (۷ مورد)، تافتون و فتیروزی (۱۸ مورد) و لواش یا نازک پزی (۱۳ مورد) وضعیت تنش حرارتی آن ها در فصل تابستان توسط شاخص های WBGT و HSI مورد ارزیابی قرار گرفت به طوری که در هر نانوائی سه مکان شامل مکان های شاطر، ناخن زن و چونه زن در سه ناحیه بدن شامل قوزک پا، کمر و سر و همچنین در سه زمان صبح، ظهر و عصر اندازه گیری انجام گرفت که مجموعاً در ۷۲۰ ایستگاه مقدار WBGT و HSI توسط دستگاه اندازه گیری شده است و نتایج ذیل بدست آمد. در جدول ذیل مقادیر آمار توصیفی مربوط به شاخص های WBGT و HSI نشان داده شده است.

جدول (۱) آمار توصیفی مربوط به شاخص های WBGT و HSI

مقادیر	WBGT	HSI
میانگین	۲۸,۸۱	۸۶,۴۷
میانه	۲۸,۶۵	۸۲
انحراف معیار	۳,۴۲	۱۳,۴۶

براساس آزمون کولموگروف - اسمیرنوف داده های مربوط به WBGT و HSI نرمال می باشد و میزان همبستگی آن ها بر اساس آزمون پیرسن معنادار می باشد ($Pvalue=0.000$) و میزان همبستگی برابر ۰,۱۸۹ می باشد. داده ها در خصوص میزان استرس گرمایی با شاخص WBGT با نوع وظیفه (شاطر، ناخن زن و چونه زن) اختلاف معناداری وجود داشت ($Pvalue=0.000$). در خصوص میزان استرس گرمایی با شاخص WBGT با زمان اندازه گیری (صبح، ظهر و عصر) اختلاف معناداری وجود داشت ($Pvalue=0.001$). در خصوص میزان استرس گرمایی با شاخص WBGT با نوع نانوائی (بربری، سنگک، تافتون و لواش) اختلاف معناداری وجود داشت ($Pvalue=0.002$). در خصوص میزان استرس گرمایی با شاخص WBGT با وضعیت تهویه نانوائی (دارد یا ندارد) اختلاف معناداری وجود داشت ($Pvalue=0.000$). (جدول شماره ۲).

جدول (۲) ارتباط بین میزان استرس گرمایی با شاخص WBGT با متغیرها

نام متغیر	df	F	Sig
نوع وظیفه	۲	۳۲,۱۷	۰,۰۰۰
زمان اندازه گیری	۲	۶,۸۶	۰,۰۰۱
نوع نانوائی	۴	۴,۳۲	۰,۰۰۲
وضعیت تهویه	۱	۰,۰۷	۰,۰۰۰

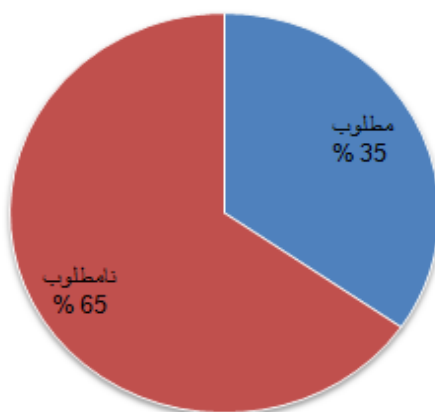
در خصوص میزان استرس گرمایی با شاخص HSI با زمان اندازه گیری (صبح، ظهر و عصر) اختلاف معناداری وجود داشت ($Pvalue=0.002$). در خصوص میزان استرس گرمایی با شاخص HSI با نوع وظیفه (شاطر، ناخن زن و چونه زن) اختلاف معناداری وجود داشت ($Pvalue=0.007$). در خصوص میزان استرس گرمایی با شاخص HSI با نوع نانوائی (بربری، سنگک، تافتون و لواش) اختلاف معناداری وجود داشت ($Pvalue=0.032$). در خصوص میزان استرس گرمایی با شاخص HSI با وضعیت تهویه نانوائی (دارد یا ندارد) اختلاف معناداری وجود داشت ($Pvalue=0.001$). (جدول شماره ۳)

جدول ۳) ارتباط بین میزان استرس گرمایی با شاخص HSI با متغیرها

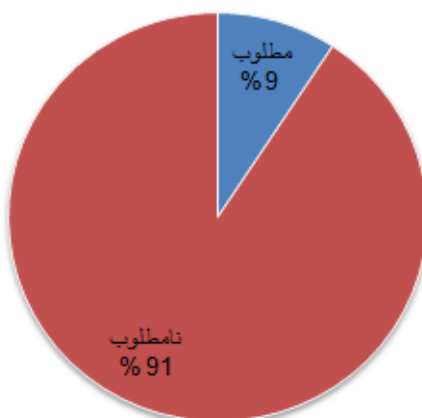
نام متغیر	df	F	Sig
نوع وظیفه	۲	۴,۹۳۷	۰,۰۰۷
زمان اندازه گیری	۲	۶,۲۱	۰,۰۰۲
نوع نانوایی	۴	۴,۹۳	۰,۰۰۷
وضعیت تهویه	۱	۱,۲۹	۰,۰۰۱

از نظر وضعیت مطلوب بودن محیط کاری بر اساس شاخص WBGT تعداد ۲۵۰ ایستگاه (۳۴,۷٪) در شرایط مطلوب و تعداد ۴۷۰ ایستگاه (۶۵,۳٪) در شرایط نامطلوب قرار داشتند و بر اساس شاخص HSI تعداد ۶۶ ایستگاه (۹,۲٪) در شرایط مطلوب و تعداد ۶۵۴ ایستگاه (۹۰,۸٪) در شرایط نامطلوب قرار داشتند. (نمودارهای ۱ و ۲)

نمودار ۱) وضعیت استرس گرمایی محیط بر اساس شاخص WBGT



نمودار ۲) وضعیت استرس گرمایی محیط بر اساس شاخص HIS



۴- بحث

از نظر وضعیت مطلوب بودن محیط کاری بر اساس شاخص WBGT حدود ۶۵٪ و بر اساس شاخص HSI حدود ۹۱٪ در شرایط نامطلوب قرار داشتند بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از هر دو شاخص مقادیر اکثر ایستگاه‌های اندازه گیری شده بیش از حد مجاز می باشد و کارگران نانوائی در محیطی مشغول به کار می باشند که در معرض استرس حرارتی قرار دارند که با نتایج مطالعات علی آبادی و همکاران (۱)، سرایی و همکاران (۲)، چرخ انداز و همکاران (۳)، حنانی و همکاران (۱۲) و قاجار کوهستانی (۱۳) همخوانی داشت.

نتایج حاصل از پژوهش نشان می دهد که تغییرات شاخص WBGT در نانوائی های مختلف بر اساس نوع پخت تفاوت معناداری دارد که با نتایج مطالعه سرایی و همکاران (۲)، حنانی و همکاران (۱۲) و قاجار کوهستانی (۱۳) مطابقت دارد بنابراین نوع یا سیستم پخت در میزان شاخص حرارتی موثر بوده و به عبارتی میزان دماهای تر، خشک و گویسان در نانوائی های مختلف متفاوت می باشد. همچنین به نظر می رسد سطح باز دهانه کوره در نانوائی ها و کاربرد شعله مستقیم مهم ترین عامل استرس گرمایی و افزایش میزان شاخص ها بوده و استفاده از تکنولوژی ماشینی جهت پخت نان باعث کاهش استرس حرارتی در محیط نانوائی ها می شود. براساس این پژوهش وضعیت تهویه تاثیر معناداری بر میزان شاخص های حرارتی داشت که با نتایج مطالعه سرایی و همکاران (۲) مطابقت نداشت با توجه به این که این مطالعه در فصل پاییز انجام گرفته است و ممکن است به دلیل خنک بودن هوا از سیستم تهویه عمومی کمتر استفاده شده که ممکن است بر روی نتایج مطالعه تاثیرگذار بوده باشد.

نتایج مطالعه نشان داد که میزان شاخص های حرارتی در زمان های مختلف اندازه گیری متفاوت بوده و ارتباط معناداری با زمان اندازه گیری دارد که با نتایج مطالعه سرایی و همکاران (۲) همخوانی داشت و با توجه به این که افزایش دمای تشعشعی باعث افزایش تحمیل بار حرارتی بر افراد می گردد و در زمان ظهر بیشترین دمای تشعشعی وجود دارد بنابراین بیشترین استرس حرارتی در زمان ظهر می باشد که می توان با طراحی تهویه عمومی و موضعی مناسب میزان استرس حرارتی وارد بر کارگران را کاهش داد. نتایج مطالعه نشان داد که میزان استرس گرمایی با نوع وظیفه رابطه معناداری داشته به طوری که بیشترین استرس حرارتی متوجه شاطر و نان گیر می باشد که با نتایج مطالعه سرایی و همکاران (۲) همخوانی داشت که به دلیل نزدیک بودن به منبع تولید حرارت می باشد. باتوجه به نتایج بدست آمده بر اساس شاخص ها، در بیش از ۶۵٪ نانوائی ها کارگران آن ها در معرض استرس گرمایی می باشند بنابراین انجام مطالعات بیشتر در مورد ارزیابی عوارض ناشی از گرما و علائم حیاتی کارگران نانوائی های شهر بجنورد پیشنهاد می گردد. مطالعه نشان داد استفاده از تهویه مناسب می تواند در کاهش استرس گرمایی محیط موثر واقع شود بنابراین طراحی سیستم تهویه مناسب برای کلیه نانوائی ها پیشنهاد می گردد.

۵- نتیجه گیری

با توجه به داده های اندازه گیری شده در مقایسه با مقادیر مجاز نشان می دهد که در اغلب نانوائی های مورد بررسی شرایط کار برای کارگرانی که در مقابل و نزدیکی تنور فعالیت دارند در محدوده غیر مجاز بوده است و لزوم کنترل های مدیریتی و فنی برای کاهش استرس گرمایی تاکید می شود همچنین لازم می باشد مسئولین ذیربط با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، اقدامات مقتضی را جهت حفظ سلامت کارگران نانوائی در نظر بگیرند زیرا توجه به سلامت کارگر در کنار مرغوبیت تولید نان می تواند باعث توسعه و ارتقاء بیشتر شود.

۶- تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی در تصویب و تامین منابع مالی این پژوهش و کلیه همکارانی که ما را در انجام این مطالعه یاری نمودند تشکر و قدردانی بعمل می آید.

منابع

- 1-Aliabadi M. Jahangiri M. Orsi M. Jalali M. Evaluation of heat stress based on WBGT index and Its relationship with physiological parameter of sublingual temperature of workers in bakeries of Arak. Journal of Occupational Medicine.48-56(1)6:2015.
- 2-Saraye J. Najafi B. Zaroshani V. Varyani A. Evaluation of heat stress in bakeries of ghazvin by WBGT. The Journal of Qazvin University Student Research Committee. (26)7:2013.
- 3-Gholbabaye F. Human heat stress in the workplace book. Tehran University Press. 2013.
- 4- Wan m. Assessment of occupational heat strain [PhD thesis]. USA: University of South Florida 2006.
- 5- Inaba R, Mirbod SM. Comparison of subjective symptoms and hot prevention measures in summer between traffic control workers and construction workers in Japan. Industrial Health. 2007; 45(1): 9-19.
- 6-Canada Laboru code training program.Bakery worker death of heat storke;2002.
- 7- Haji Azimi E. Khavanin A. Soleymanian A. Heat Stress measurement to WBGT Index in Smelters. Iranian Journal of Military Medicine. Vol 13. No 2. 2011. P 59-64.
- 8- Ministry of Health. Occupational exposure limits book. 2014.

- 9- ACGIH., threshold limit values for chemical substances & physical agents, American Conference on Governmental Hygienists, pp. 176-185, 2004.
- 10- NIOSH. Occupational exposure to hot environment. National Institute for Occupational Safety and Health., HSM 72-10269. Washington DC; Department of Health, Education, and Welfare; 2009.
- 11- Charkhandaz Yeganeh R. Abbasi J. Dehghan H. Evaluation of Relationship WBGT index, Oral Temperature & Heat Scoring index in Bakers of Isfahan. J Health Syst Res 2014. 10(3):559-607.
- 12- Hanani M. Kashani m. Mousavi S, Bahrami A. Thermal stress of the city of Kashan in the bakery. 2004;8(31):23-8.
- 13- Kohestani Mq. Investigation of bulb globe and wet temperature index of sari bakeries. Fourth National Congress of occupational health. 2005.

Evaluation Heat stress According to WBGT and HSI Index in Bakers of Bojnurd

Hokmabadi R¹. Sadeghi A². Karimi F. Rohani F, Ghasmi R

Abstract

Introduction: Heat is one of the most important of harmful agents in many working environments. Work in heat environments can cause stress and falling of efficiency and prevalence of disease in workers. Activity in the bakery due to the nature of the work as one of the high risk jobs is heat stress. Aim of the study was Evaluation Heat stress According to WBGT and HSI Index in Bakers.

Methods: This descriptive-Analytical cross sectional study was conducted in Bakers of Bojnurd in summer 2016. The WBGT Meter device, for measuring dry and wet and globe temperature and anemometer for measuring air flow rate was used. Measuring the desired contour baker, bread, jams and debris stuck in morning, afternoon and evening and at the height of the ankles, abdomen and head were performed. data were manually in SPSS19 and analyzed using descriptive statistics.

Results: 80 Bakers including Barbari (34), baked (8), Sangak (7), Taftoon and Ftyrpy (18) and pita or thin ingredients (13) were examined. WBGT index average was 28.81 ± 3.42 and HSI index average was 86.47 ± 13.46 . Most of the stations measured values are exceeded. The amount of WBGT and HSI Index with task type, time of measurement, type of bakery and bakery ventilation condition was significant.

Conclusion: The results showed that most of the working conditions bakeries studied for workers who are active in the area in front of and near the tenor was unauthorized. And the need for technical and management controls to reduce heat stress is emphasized.

Keywords: Heat stress evaluation, Bakery, WBGT Index, HSI Index

¹ M.Sc. of Occupational Health, Faculty member of Health School, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran. Abi.hse2006@gmail.com. 09153728265 .Corresponding Author

² B.Sc. of Occupational Health Engineering. North Khorasan University of Medical Sciences.

بررسی اثرات فناوری نانو بر محیط زیست و منابع طبیعی

بهمن خسروی پور^۱، سیده کوثر حسینی^۲

۱- عضو هیات علمی گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان دانشجوی کارشناسی

۲- ارشد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

آدرس پست الکترونیک نویسنده رابط (b.khosravipour@gmail.com)

چکیده

فن آوری نانو طی سال های اخیر، ابعاد مختلف زندگی انسان را متاثر نموده است. این فناوری دارای آثار گسترده ای بر اقتصاد، تولید و محیط زیست است. تاثیرات فناوری نانو بر محیط زیست می تواند دارای ابعاد مختلفی باشد. فناوری نانو هم می تواند اثر مثبت و هم اثر منفی بر محیط زیست داشته باشد. درواقع به کارگیری فناوری نانو موجب کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار و تولید زایدات و مصرف مواد خام و در نتیجه کاهش خسارات به محیط زیست می شود. با این وجود، ذرات نانو ممکن است سرعت جهش باکتری ها را افزایش دهند و تهدیدی جدی برای محیط زیست و سلامت انسان باشند. این تحقیق با هدف بررسی اثر فناوری نانو بر محیط زیست و منابع طبیعی و با استفاده از منابع کتابخانه ای و به روش مروری تهیه شده است. انجام یافته است.

واژگان کلیدی: فناوری نانو- محیط زیست-منابع طبیعی

۱- مقدمه

محیط زیست به عنوان منبع اصلی حیات و مهم ترین ساختمان هدف های بشری است. امروزه با رشد و پیشرفت تکنولوژی و بزرگ شدن جوامع و همچنین افزایش جمعیت، بهره گیری از محیط زیست به صورت فوق العاده ای افزایش یافته است (محمد ولی سامانی، ۱۳۸۸). همچنین از عمده ترین مسائل روز جهان، مسأله حفظ محیط زیست است فاجعه زیست محیطی آرامش و امنیت را از زندگی انسان ربوده و موجودیت بشر را تهدید میکند به همین دلیل در محافل علمی و سیاسی بحث زیست محیطی پر سر و صداترین و جدیدترین بحث روز است (سبزعلی پریخوانی، ۱۳۹۵). مسائل محیط زیست گسترده اند و تغییرات عظیم در شیوه زندگی و فرهنگ غالب بر انسان در عصر حاضر و رسیدن به سطح سازگار با محیط زیست و تأثیر بر محیط زیست و همچنین فراهم کردن فرصت هایی برای حل مشکلات زیست محیطی باید مورد توجه بیشتری قرار گیرند (ضیاءپور و همکاران، ۱۳۹۱). امروزه پیشرفت تکنولوژی و دستیابی به روش های نوین، انسان متمدن را به این فکر واداشته که شاید بتوان با استفاده از تکنولوژی های پیشرفته از جمله فناوری نانو، به کمک محیط زیست شتافت و گامی مؤثر در جهت حفاظت از منابع طبیعی و محیط زیست برداشت و تغییرات شگرفی در زندگی انسان ایجاد کرد (امیر دیوانی و همکاران، ۱۳۹۳). علم فناوری نانو در حال حاضر با سرعت بسیار بالایی در حال گسترش است (خوشناموند و همکاران، ۱۳۹۲). فناوری نانو به عنوان یک فناوری جدید و پیشتاز، جهت رفع مشکلات و کمبودها در بسیاری از عرصه ها از جمله مسائل زیست محیطی، به خوبی جایگاه خود را در بین علوم کشاورزی و منابع طبیعی وابسته آن به اثبات رسانیده (رضایی و همکاران، ۱۳۸۸). بسیاری از متخصصان، محققان، مهندسان و دانشمندان علوم اجتماعی و سیاست مداران معتقدند که فناوری نانو موجب تغییرات مهمی در جامعه می شود و این تغییرات می تواند به اهمیت تغییرات حاصل از ساخت کامپیوتر ارزیابی شوند. فناوری نانو این امکان را ایجاد می کند که مواد جدیدی تولید کنیم، موادی که به صورت بالقوه می تواند اثرات مثبت یا منفی روی محیط زیست و بهداشت داشته باشند (احمدی، ۱۳۹۲) همچنین فناوری نانو از همگرایی علوم فیزیک، شیمی و زیست شناسی بوجود آمده است. این فن آوری عرصه اقتصادی و علمی نسبتاً جدیدی است که تأثیرات اساسی روی اقتصاد، جامعه و محیط زیست دارد (سلیمانی، ۱۳۹۴). فناوری نانو در علوم مهندسی محیط زیست و ساخت تجهیزات محافظ محیط زیست در مقابل انواع آلودگی های زیست محیطی (آب، خاک، هوا و صوت) بسیار کاربرد داشته و در موضوعات مختلف محیط زیست از جمله دامپروری دامپزشکی، ماشین آلات کشاورزی، اصلاح نباتات، گیاه پزشکی و صنایع غذایی، ساخت انواع نانو حسگرها نانو فیلترها، کاتالیست های زیست محیطی، نانو پلیمرها، نانو ذرات، نانو زیست فن آوری (بیوتکنولوژی)، بهینه سازی انرژی های نو و

همچنین تصفیه آلاینده های زیست محیطی و غیره وارد گردیده است (رضایی میرقاید و همکاران، ۱۳۹۱). نانوتکنولوژی بعنوان یک فناوری کاربردی در دهه های اخیر مورد توجه قرار گرفته است و کاربرد این فناوری در حوزه های مختلف، متفاوت است همچنین این فناوری با تولید محصولات متنوع در بخش های شیمی، انرژی و محیط زیست کاربرد فراوانی دارد البته قبل از استفاده از محصولات این فناوری در محیط زیست، لازم است ارزیابی دقیقی از تأثیرات مثبت و منفی کاربرد آنها بر محیط زیست صورت گیرد (احمدی، ۱۳۹۲).

۲- مفهوم فناوری نانو

واژه ی نانو از ریشه یونانی Dwarf به معنی کوتاه قد یا کوتوله مشتق شده است و به ابعادی اشاره دارد که بزرگی آنها به اندازه یک میلیارد (هر کمیتی است) (Warad and Dutta, 2006). واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتانیگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که تلورانس ابعادی آنها در حد نانومتر می باشد، به کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط اریک درکسلر در کتابی تحت عنوان: "موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری نانو" بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داد و بعدها آنرا در کتابی تحت عنوان "نانوسیستمها ماشینهای مولکولی چگونگی ساخت و محاسبات آنها" توسعه داد (پورسعید و همکاران، ۱۳۹۱). انجمن ملی نویند نانو تکنولوژی که یک نهاد دولتی در کشور امریکا می باشد، واژه نانوتکنولوژی را چنین توصیف میکند "تحقیق و توسعه هدفمند، برای درک و دستکاری و اندازه گیری ها مورد نیاز در سطح مواد با ابعاد در حد اتم"، مولکول و سوپرمولکول ها را نانوتکنولوژی می گویند (مصطفوی نیشابور و نصراله نژاد، ۱۳۹۳). این مفهوم با واحدهای از یک تا صد نانومتر، همبستگی دارد. در این مقیاس خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی مواد تفاوت اساسی با یکدیگر دارند و غالبا اعمال غیرقابل انتظار از آنها مشاهده می شود (Nair et al, 2010). به تعبیر دقیق تر "نانو تکنولوژی انقلابی جدید برای همه علوم در آینده است" این تکنولوژی قادر به بهبود روش های ارزیابی، مدیریت و کاهش خطرات برای محیط زیست بوده و فرصت هایی را برای تولید محصولات جدید فراهم خواهد ساخت. نانو تکنولوژی در واقع مهندسی در سطح اتم و یا گروهی از اتم هاست (بی نام، ۱۳۹۰). از همین تعریف ساده بر می آید که نانو تکنولوژی یک رشته جدید نیست، بلکه رویکرد جدیدی در تمام رشته هاست. بنابراین علم نانو تکنولوژی توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم های جدید برای در دست گرفتن کنترل در سطوح ملکولی و اتمی، با استفاده از خواصی که در آن سطوح ظاهر می شوند، را دارد (پوررحیم و همکاران، ۱۳۸۶).

۳- نانو در کشاورزی

بخش کشاورزی از جمله مهم ترین عرصه هایی است که استفاده از دستاوردهای فناوری نانو، منافع زیادی را متوجه این بخش خواهد نمود. اولین گزارش مستند از کاربرد فناوری نانو در کشاورزی در جهان در سال ۲۰۰۳ میلادی انتشار یافت. در این گزارش تأکید شده است که فناوری نانو، کل صنایع غذایی را متحول ساخته و تغییرات اساسی در روند تولید، نگه داری، فرآوری، بسته بندی و جابجایی محصولات کشاورزی و در نهایت مصرف آن ها ایجاد خواهد نمود (علی زاده، ۱۳۹۳). فناوری نانو با استفاده از دانش علمی و فنی دارای پتانسیل بالایی در بهبود کیفیت زندگی بشر در زمینه های متنوع از جمله در کشاورزی و تولید گیاهان مقابله با آفات افزایش توانایی گیاهان در جذب مواد مغذی کاهش مصرف سموم و آفت کش ها و همچنین با نظارت بر شرایط خاک رشد گیاه و تنش های غیر زیستی می تواند با بهره برداری حداکثری از نهاده هایی مانند کودها، آفت کش ها، آبیاری و حتی شرایط محیطی همچون درجه حرارت تابش خورشیدی و رطوبت باعث افزایش تولید محصولات و تامین مواد غذایی شود (نعمانی، ۱۳۹۲).

۴- اثرات سودمند نانو تکنولوژی بر محیط زیست

۱. در زمینه انرژی، نانو تکنولوژی می تواند به طور قابل توجهی کارایی، ذخیره سازی و تولید انرژی را تحت تاثیر قرار داده و مصرف انرژی را کاهش دهد، کاهش مصرف انرژی تاثیر به سزایی در کاهش آلودگی های هوا خواهد داشت.
۲. یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی است. با استفاده از نانو حس گرها هم چون غبار هوشمند، پیشرفت موثری در زمینه ی کنترل آلودگی صورت گرفته است.

۳. نشت گازهای مهلك یکی از خطرات روزمره ی زندگی صنعتی است. متاسفانه هشدار دهنده های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی این گونه گازهای نشتی می شوند. با استفاده از نانو حسگرها که از نانوتیوب های تک لایه به ضخامت حدود یک متر ساخته شده اند و می توانند مولکول های گازهای سمی را جذب نمایند، نگرانی در خصوص نشت گازهای سمی کاهش یافته است. این گونه حس گرهای گازی برای شناسایی گازهای آمونیاک و دی اکسیدنیترژن و دی اکسید کربن که از جمله گازهای سمی به شمار می روند، با موفقیت آزمایش شده اند. هم چنین فیلتر هوشمند نانو لوله کربن، جاذب آلاینده های محیط زیست بر اساس فناوری نانو الکترونیک طراحی و ساخته شده و ۹۷ درصد مواد سمی و آلاینده های هیدروکربنیک موجود در هوا مانند مونواکسید کربن و دی اکسیدکربن را پس از جذب به کربن ممتاز یا دوده تبدیل می کند. بنابراین علم نانو می تواند به کاهش آلاینده های هوا بعد از انتشار نیز بسیار کمک کند.

۴. خوروها یکی از عوامل اصلی آلاینده های محیط زیست می باشند. نانوتکنولوژی با ورود خود به صنایع مانند خودروسازی از طریق کاهش مصرف سوخت خودرو، ساخت کاتالیزورهای اگزوز خودرو برای تصفیه ی گازهای خروجی اگزوز اتومبیل ها می توانند در جهت کاهش آلاینده های هوا موثر باشد. با استفاده از نانوکامپوزیت ها می تواند به کاهش مصرف ۱/۵ میلیارد لیتر بنزین در عمر یک سال وسایل نقلیه منجر شود و آلودگی های مربوط به دی اکسیدکربن را سالانه بیشتر از ۵ میلیارد کیلوگرم کاهش دهد. تولید نانوکامپوزیت ها با استفاده از فناوری نانو منجر به تولید مواد بسیار مقاوم و سبک شده که این مواد قادرند جایگزین قطعات فلزی سنگین شده و کاهش چشمگیری در وزن تجهیزات و قطعات خودرو و متعاقب آن کاهش چشمگیر در مصرف انرژی و نهایتا آلودگی هوا داشته باشند.

۵. این تکنولوژی قادر به بهبود روش های ارزیابی، مدیریت و کاهش خطرات برای محیط زیست بوده و فرصت هایی را برای تولید جدید و سالم فراهم می نماید. فناوری نانو در حفظ محیط زیست نقش مهمی در اصلاح خاک های آلوده و حذف یا پاک سازی آلاینده های شیمیایی موجود در منابع آب، خاک و هوا ایفا می کند، هم چنین با توسعه فرایند سبز، حفظ محیط زیست و منابع طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار به حساب می آید. با توجه به توانمندی های فراوان نانو در حذف و کنترل آلودگی های محیطی و تصفیه و جلوگیری از انتشار آن ها می توان آن را به عنوان یک تکنولوژی سبز و ابزاری موثر برای دست یابی به توسعه پایدار در نظر گرفت (لشکر و همکاران، ۱۳۹۴).

فناوری نانو در حفظ محیط زیست نقش مهمی با اصلاح خاک های آلوده و حذف یا پاکسازی آلاینده های شیمیایی موجود در منابع آب، خاک و هوا ایفا می کند، همچنین با توسعه فرایند تولید سبز، انتشار و تولید زائدات را کاهش داده، و نیز موجب کاهش مصرف مواد خام مورد نیاز شده و راهکاری در جهت حفظ محیط زیست و منابع طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار به حساب می آید (رزاقی پورخانی، ۱۳۸۹). انتظار می رود فناوری نانو نقش مهمی در حذف آلاینده ها ایفا کند، اصلاح خاک آلوده با استفاده از این فناوری به راحتی صورت پذیرد و همچنین در توسعه فرایند تولید سبز که انتشار و تولید مواد زائد را کاهش دهد، مهم واقع شود فناوری نانو موجب کاهش مصرف مواد خام مورد نیاز شده و بنابراین از منابع طبیعی محافظت می نماید. بطور کلی فناوری نانو با کارآمد کردن دستگاه ها و ابزار مورد استفاده در بخش های مختلف و نیز با کاهش مصرف ماده خام و انرژی گامی مؤثر در جهت حفاظت از منابع طبیعی و محیط زیست برداشته است. (آقای، ۱۳۹۱). پیشگامان فناوری نانو بر این باورند که این فناوری توانایی لازم درخصوص کاهش مشکلات زیست محیطی را از طریق شناخت و کنترل بهینه آلاینده های حاصل از طیف وسیعی از منابع آلوده کننده دارا می باشد. هم اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته جهان، روشهای نوین عملی مبتنی بر نانو برای حذف آلاینده های بسیار ریز (کوچکتر از ۳۰۰ نانومتر برای پساب و کمتر از ۲۰ نانومتر برای هوا) از جریان های خروجی واحدهای آلوده کننده همراه با پایش پیوسته منابع آلودگی به خدمت گرفته می شود (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱). فناوری نانو مانند هر فناوری نوین دیگری که بتواند تغییرات شگرفی را در زمینه روشهای ساخت و تولید کالاهای مصرفی بوجود آورد، به یقین اثرات ژرفی بر محیط زیست خواهد داشت. گستردگی دامنه تأثیر این فناوری بسیار زیاد بوده و گفته میشود فناوری نانو میتواند بیشتر جنبه های زندگی را تحت تأثیر قرار دهد. از این جهت به کارگیری شیوه برخورد مناسب با این پدیده و داشتن شناخت کافی از زمینه های مختلف آن بسیار مهم است (مصطفی، ۱۳۸۲). همچنین پاکسازی شیمیایی خاک ها، حذف مواد سمی و خطرناک از چرخه زیست بوم، نمک زدایی از آب ها، تبدیل انرژی خورشیدی و بالابردن روشیایی لامپها، پایش پیوسته محیط زیست و کاهش آلاینده های زیست محیطی از جمله دستاوردهای دیگر زیست محیطی فناوری نانو است که تحقیقات وسیعی می باید در سطح مولکولی برای پیش بینی اثرات زیست محیطی این فناوری بر روی توسعه پایدار فرایندها در محیط صورت گیرد درصورت فراهم شدن بستر علمی لازم،

دانش فناوری نانو قادر است که هرگونه کالا یا خدمات مورد نیاز را به قیمت ارزانتر و با اثرات مخرب به مراتب کمتر، در اختیار بگذارد (آقای، ۱۳۹۱).

۵- تأثیرات مخرب فناوری نانو بر محیط زیست

ذرات نانو و فناوری نانو جدای از مفید بودن می توانند دارای خطرات احتمالی نیز باشند، بنابراین باید مسائل مرتبط با ایمنی و خطرات احتمالی همراه با این روش های جدید را در نظر گرفت. ذرات نانو ممکن است سرعت جهش (mutation) باکتریها را افزایش دهند و تهدیدی بالقوه برای محیط زیست و سلامت انسان باشند (Gerritzen et al., 2004). علیرغم اینکه فناوری نانو محصولات موجود را مؤثرتر و کارآمدتر می نماید، اندازه این ذرات که جزء خواص مهم آنها است، می تواند سلامتی و محیط زیست را تهدید نماید. این ذرات از گرده های گل گیاهان و مواد حساسیت زای معمولی نیز کوچکتر هستند و می توانند تولید حساسیت نمایند (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۳) همچنین نانومواد میتوانند بوم سازگان های آبی را که محل زندگی بسیاری از حیوانات و گیاهان است آلوده کنند و اثرات نامطلوب بر جای گذارند. به عنوان مثال، غلظت کم مولکول های $c60$ و نانو دی اکسیدتیتانیوم در آب، بسته به نوع کاربرد، میتواند برای برخی از موجودات آبی مرگ آور باشد (رزاقی پورخانی، ۱۳۸۹). شاتکین در سال ۲۰۱۲ اظهار داشته که؛ ماهی ها میتوانند نانوذرات را از آب یا باکتری های موجود در آب جذب نموده و از این طریق ذراتی را که ممکن است سمی تر، متحرک تر و پایدارتر شده اند دریافت دارند. همچنین مشخص شده که نانومواد کربنی قادرند، بیرون آمدن نوزاد ماهی زبرا از تخم را تا پس از فصل بهار به تاخیر اندازند. نانوذرات در هوا به طور گستردهای پراکنده می شوند. برآورد شده که، در مناطق شهری و روستایی به طور متوسط ۱۰۶ تا ۱۰۸ نانو ذره در هر لیتر هوا وجود دارد. در مورد آلودگی خاک و گیاهان نتایج مطالعات انجام شده نشان می دهد که نانو ذرات آلومینیم رشد ریشه گیاهانی چون ذرت، خیار، سویا و هویج را کاهش می دهند. اثر ضدباکتریایی نانوذرات می تواند باعث تغییر در ترکیب جمعیت میکروبی خاک گردد (آبسلان و همکاران، ۱۳۹۲). آلودگی نانو یا نانو آلودگی (Nano pollution) نامی کلی برای تمام ضایعات ناشی از نانو ابزار و یا فرآیندهای ناشی از تولید نانو مواد است. این نوع ضایعات به خاطر اندازه شان بسیار خطرناک هستند. آنها می توانند وارد هوا شده و به راحتی جذب بدن جانوران و سلول های گیاهان شده و اثرات نامعلومی را به جا گذارند (عالی پور، ۱۳۹۱). طبق مطالعات انجام شده بیشترین راه ورود نانوذرات به بدن موجودات از طریق تنفس یا دهان است. برای ارزیابی خطر این نانو ذرات بر روی سلامت انسان، کل چرخه زندگی این ذرات نیاز به ارزیابی دارد و این چرخه شامل ساخت، نگهداری و ذخیره سازی، توزیع، بکارگیری و نحوه دور ریزیشان است. اثر نانو ذرات بر روی سلامت انسان ممکن است در هر یک از مراحل نامبرده اتفاق می افتد (سبزی علی پریخانی و همکاران، ۱۳۹۵).

۶- نتیجه گیری

فناوری نانو پتانسیل زیادی برای ارتقای محیط زیست از طریق امکان تولید فرآورده هایی با کیفیت بالا، هزینه کم و سرعت زیاد را دارا می باشد. دانشمندان معتقدند فناوری نانو می تواند انقلابی عظیم را در زمینه تولید محصولات غذایی و کشاورزی ایجاد نماید. یکی از زمینه های مهم کاربرد فناوری نانو در کشاورزی و محیط زیست ردیابی و حذف یا پاکسازی آلاینده های شیمیایی موجود در منابع آب، خاک و هوا می باشد. نانو تکنولوژی علاوه بر اینکه کاربردهای مهمی در زمینه های مختلف دارد، با ساخت و استفاده روز افزون آنها نگرانی های فراوانی برای محیط و انسان ایجاد کرده است. در صورت عدم کنترل مناسب فناوری نانو، استفاده ناصحیح یا بهره گیری نامعقول از آن منجر به عواقب جبران ناپذیری خواهد شد. اگر چه این فناوری نویدبخش روش های نوینی جهت تشخیص مشکلات زیست محیطی، کاهش آلاینده ها از طریق "تولید پاک" و کاهش نیاز به منابع محدود انرژی و مواد است؛ لیکن باید از هم اکنون اثرات بالقوه کاربردهای گوناگون نانو ذرات بر سلامت انسان ها و محیط زیست به درستی مورد مطالعه قرار گیرد تا در آینده شاهد پیامدهای منفی این فناوری نباشیم. اثرات مثبت یا منفی مذکور می باید به دقت تحلیل و شناسایی شوند و راه حل هایی مناسب برای پیشگیری از وقوع پیامدهای مخرب زیست محیطی از قبل تدارک دیده شوند و آموزش های لازم نیز در این زمینه فراهم شود.

مراجع

- ۱- آبالان، عبدالرحیم، داودی، مجتبی، رحیمی، سجاد، هاشم زاده، بایرام، ۱۳۹۲. مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی نانو ذرات، فصلنامه علمی محیط زیست، شماره ۵۶.
- ۲- احمدی، پیمان، ۱۳۹۳. به کارگیری فناوری نانو، آی یا نه؟ وبلاگ محیط سبز، قابل دسترسی در <http://www.mohitesabs.blogspot.com/category/cat.70>
- ۳- آقایی، ساغر. ۱۳۹۱. نانو تکنولوژی و کاربرد زیست محیطی آن. سایت طرفداران محیط زیست، قابل دسترسی در www.young.environmentalists.ir
- ۴- امیردیوانی، پگاه، خمان ازاده، یکانیان، فاطمه. ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات فناوری نانو بر محیط زیست، اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار.
- ۵- بی نام، ۱۳۹۶. اثرات نانو فناوری در محیط زیست، سال دوم، شماره ۳۰۰.
- ۶- پوررحیم رضا، فرزادفر شیرین، گل نراقی، علیرضا. ۱۳۸۶. فناوری نانو و کشاورزی، تهران انتشارات مرکز نشر سپهر.
- ۷- خوشناموند، مهدی، خوشناموند، هادی، حمیدی، نگار. ۱۳۹۲. کاربردهای نانوتکنولوژی به عنوان یک فناوری جدید در محیط زیست، اولین همایش ملی برنامه ریزی، حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار.
- ۸- رزاقی پورخانی، فاطمه. ۱۳۸۹. کاربرد نانو تکنولوژی در حفاظت از محیط زیست، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، آبان، دانشگاه تهران.
- ۹- رضایی میرقاید، فاطمه، فرخیان، فروزان. ۱۳۹۱. کاربرد نانو تکنولوژی در محیط زیست، نقش آن در توسعه پایدار و اثرات منفی این فناوری بر محیط زیست و سلامت جانداران، اولین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست، همدان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا.
- ۱۰- رضایی، روح اله، حسینی، سید محمود، شبانعلی فمی، حسین، سرافرازی، علی مراد. ۱۳۸۸. شناسایی و تحلیل سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران.
- ۱۱- سبزی علی پیرخوانی، رقیه و صدیقی، حسن، بیژنی، مسعود. ۱۳۹۵. بررسی اثرات زیست محیطی فناوری نانو در عرصه کشاورزی و محیط زیست، همایش ملی پژوهش های کاربردی در کشاورزی و منابع طبیعی.
- ۱۲- سلیمانی، فرشید، نبی پور، ایرج، فرجی قاسمی، فاطمه، دوبرادران، سینا. ۱۳۹۴. اثرات نانو ذرات بر انسان و محیط زیست: مروری بر سمیت، مواجهه، راه های کنترل خطرات و چشم اندازهای آینده، دومینارنامه طب جنوب، پژوهشکده زیست- پزشکی خلیج فارس، سال هجدهم، شماره ۳، صفحه ۶۶۳-۶۳۰، مرداد و شهریور.
- ۱۳- عالی پور اردی، مهدی، توکلی، بابک، جهانی شکیب، فاطمه. ۱۳۹۱. چشم انداز کاربرد نانو تکنولوژی در محیط زیست، دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران.
- ۱۴- عزیززاده مریم. ۱۳۹۰. کاربرد فناوری نانو در کشاورزی و صنایع وابسته، فصلنامه اقتصادی کشاورزی شیرین بیان، سال پنجم، شماره ۲۰، صص ۳۸-۴۱.
- ۱۵- لشکرزاده، مریم، اسحق، مریم. ۱۳۹۴. بررسی اثر نانو تکنولوژی بر محیط زیست، علوم و تکنولوژی محیط زیست، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، شماره ۱.
- ۱۶- محمدولی سامانی، روح اله. ۱۳۸۸. بررسی روش های نانوتکنولوژی در کاهش اثرات مخرب زیست محیطی با تأملی بر پروژه های سدسازی، فصلنامه کیسون، دوره جدید، شماره ۴۳، زمستان.
- ۱۷- مصطفایی، عبدالله. ۱۳۸۲. ایمنی محصولات نانو. خبرنگار نانو تکنولوژی، ۳۰-۲۵.
- ۱۸- مصطفوی نیشابوری، فروه السادات، نصراله نژاد، سعید. ۱۳۹۳. مقایسه تأثیر دو سم نانو با سموم رایج در کنترل بیماری لکه غربالی درختان میوه هسته دار، نشریه پژوهش های تولید گیاهی، جلد بیست و یکم، شماره دوم، صص ۱۵۳-۱۶۳.
- ۱۹- نعمانی، معصومه. ۱۳۹۲. اهمیت فناوری نانو و کاربردهای آن در بهبود تولید محصولات کشاورزی، اولین همایش ملی نانوتکنولوژی مزایا و کاربردها، همدان، انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه.
- 20- Gerritzen, G. (2004), Review of Safety Practices in the Nanotechnology Industry, Prepared for the International Council on Nanotechnology by the University of California.
- 21- Warad, C. and Dutta, J. (2006). Nanotechnology for Agriculture and Food Systems. journal of nanoparticle research, 5(3), 29-38

بررسی احتمال وقوع دوره‌های خشک و تر در مازندران با استفاده از زنجیره مارکف

آذر حیدری، اسماعیل شاهکویی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات آب و هوایی دانشگاه گلستان

۲- استادیار اقلیم شناسی گروه جغرافیا دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

چکیده

آب و هوا یکی از ارکان بنیادین زندگی بشر محسوب می‌شود و با پیشرفت و توسعه جهان، حفاظت از آن روز به روز اهمیت بیشتری می‌یابد. تغییرات آب و هوایی مشکلات پیچیده‌ای چون وقوع بارش‌های شدید به همراه سیلاب‌های ویرانگر و نیز خشکسالی‌های مکرری را موجب شده، که هر ساله خسارت جبران ناپذیری به اقتصاد کشورهای مختلف تحمیل می‌نماید. حوادث جانبی این وقایع نظیر آتش سوزی جنگل‌ها، فرسایش شدید خاک و دیگر حوادث غیر مترقبه جوی و اقلیمی موجب گردیده تا محققین کشورهای مختلف جهان توجه روز افزونی را به منظور شناخت علل نوسانات بارندگی مبذول نمایند. در این پژوهش به بررسی احتمال وقوع دوره‌های خشک و تر در مازندران با استفاده از زنجیره مارکف پرداخته شده است برای نیل به هدف داده‌های بارندگی ایستگاه‌های مازندران برای سال‌های قبل جمع‌آوری گردید و در نرم‌افزار MiiniTAB به روش مارکوف مورد تحلیل قرار گرفت و ماتریس نسبت‌های روزهای بارشی بدست آمد. روند پیش بینی زنجیره مارکف با مرتبه ۱۰ام نیز با توجه به جداول مربوطه احتمال انتقال از خشک به خشک ۰/۶۳ درصد برآورد شده است، احتمال انتقال از خشک به مرطوب ۰/۳۶ درصد برآورد شده است که مجموع این دو حالت برابر با یک می‌باشد. در ارتباط با احتمال انتقال از مرطوب به خشک ۰/۳۸ درصد برآورد شده است و احتمال انتقال از مرطوب به مرطوب ۰/۶۱ درصد برآورد شده است و در ادامه پژوهش به بررسی ترسالی و خشکسالی در مازندران بر حسب SPI صورت پذیرفت و نشان داد که کل استان روندی رو به خشکسالی را تا ۲۰۲۰ طی خواهد نمود و هر ساله با کاهش بارش در استان رو به رو خواهیم بود.

کلید واژه‌ها: خشک سالی، زنجیره مارکف، روش‌های آماری، بارش

۱- بیان مسئله

جهان ما از آغاز آفرینش تا کنون متاثر از مخاطرات گوناگونی چون، آتشفشان‌ها، زلزله‌ها، طوفان‌های شدید و سیلاب‌ها خشکسالی‌ها بوده و خواهد بود، مخاطره، عبارت است از حوادث طبیعی، تکنولوژیک و یا بامنشأ انسانی، که خسارت فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به انسان‌ها وارد می‌کند. و این حوادث مختل کننده یا متوقف کننده زندگی عادی و فعالیت‌های انسانی بوده و جامعه متاثر از مخاطره با بهره‌گیری از تمامی امکانات و منابع خود، به تنهایی توانایی مقابله با آنرا ندارد. مخاطرات بر اساس منشأ به دو گروه عمده مخاطرات طبیعی و انسانی تقسیم می‌شوند. (رمضان اوزی، ۱۳۹۰) یکی از انواع مخاطرات طبیعی، مخاطرات اقلیمی است، که در نتیجه پدیده‌های اتمسفر (گرما، بارش، فشار، و باد) و به هنگام عدول آنها از حد متعارف و مفید برای انسان به وجود می‌آیند. هرچند عوامل تاثیرگذار بر ایجاد مخاطرات اقلیمی منشأ اتمسفری دارند، اما در برخی از آنها ویژگی‌های محل مخاطره نیز نقش‌آفرین می‌باشد. برای این خصوص سیل، بهمنومه نمونه‌های خوبی هستند. (رمضان اوزی، ۱۳۹۰) مخاطرات جوی تنها زمانی به رسمیت شناخته می‌شوند که رخدادهای حدی، فشار سنگینی را بر پیکره جوامع انسانی وارد نماید و سطح حداقلی از ضروریات را

^۱- نویسنده مسئول e.shahkooeeo@gu.ac.ir

برجوامع انسانی و اموال و دارایی‌های اوتحمیل نمایند. (اسمیت، ۱۹۹۷) بیشترین بلایایی که با منشاء آب و هوایی مشاهده می‌شوند عبارتند: از گرما و سرمای شدید، خشکسالی، گردباد، تیفون، سیکلون، تورنادو، صاعقه، بارش تگرگ، بارندگی شدید (سیل و سیلاب) بارش شدید برف، بهمن، یخبندان، آلودگی هوا، بارش اسیدی، آلودگی آب و هوایی، و گرم شدن کره زمین. خشکسالی یکی از بلایای طبیعی است که در مقایسه با سایر بلایای طبیعی از نقطه نظرمیزان، شدت، طول مدت واقعه، گسترش منطقه‌ای، تلفات جانی، خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی، اثرات بلند مدت، غیرمنتظره بودن و وقوع خطرات مرتبط، دارای اهمیت می‌باشد (برقوئی و همکاران، ۱۳۸۲). خشکسالی یک پدیده جهانی و عمومی نیست که تمام سرزمین‌های کره خاکی را فرا گیرد بلکه یک مسئله منطقه‌ای است که گاه چندین کشور را در بر می‌گیرد. این پدیده هم از نظر فراوانی وقوع و هم از نظر میزان خساراتی که در ممالک مختلف جهان به بار می‌آورد در صدر بلایای طبیعی قرار دارد. از زمان آفرینش تا اواسط قرن بیستم، تغییر و تحول صورت گرفته بسیار کند بوده است. اما از اواسط قرن بیستم به این طرف میزان تغییر بسیار سریع بوده است در طول تاریخ برخی از مخاطرات طبیعی چون سیل، زلزله، انفجارات آتشفشانی و رانش زمین منجر به مرگ تعداد زیادی از انسان‌ها شده‌اند. همچنین در جهان ما در اثر خشکسالی هر سال صدها انسان آسیب می‌بینند خشکسالی در دهه ۱۹۰۰ در دنیا، ۶ مخاطره از ۱۵ مخاطره آب و هوایی مهم را به خود اختصاص می‌دهد. این خشکسالی‌ها در چین، اوکراین روسیه، هندوستان و در منطقه ساحل آفریقا به وقوع پیوسته است قسمت‌های جنوبی صحرای آفریقا (کشورهایی چون سومالی، سودان، اتیوپی، چاد نیجر، موریتانی) از جمله مناطقی هستند که خشکسالی در آنها بسیار شدید است (دکتر امین علی‌زاده). در منطقه خاورمیانه مناطق خشک و نیمه خشک بیشترین وسعت را دارا می‌باشند و منابع آب بسیار محدود است، خشکسالی، بیابانزایی و فقدان منابع آب دائمی از ویژگی‌های اکثر کشورهای منطقه می‌باشد. (محمود خسروی) در سال ۱۹۰۷ در چین، در نتیجه خشکسالی و به تبع آن گرسنگی، ۲۴ میلیون انسان زندگی خود را از دست داده‌اند. در سال ۱۹۰۰ و ۶۷-۱۹۶۵ در اثر خشکسالی در هند، بین ۲۵۰ هزار الی ۳ میلیون نفر نابود شده‌اند به هنگام بیان پدیده خشکسالی اولین قاره‌ای که به ذهن متبادر می‌شود قاره آفریقا است. در آفریقا به ویژه در منطقه ساحل پیوسته خشکسالی رخ می‌دهد. از جمله در سال‌های ۷۵-۱۹۷۲ که در اثر خشکسالی ۶۰۰۰۰ نفر جان خود را از دست داده‌اند. (رمضان اوزی، ۱۳۹۰) در روی کره زمین، طی مدت ۱۰۵ سال (۲۰۰۵-۱۹۰۰) ۸۲۲ مورد واقعه خشکسالی رخ داده است که ۵۷ درصد آن در آفریقا و ۲۰ درصد در قاره آسیا اتفاق افتاده است. (رمضان اوزی ۱۳۹۰) ایران کشوری است که به لحاظ اقلیمی جزء کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب شده به طوری که از یک سو متوسط بارندگی سالانه آن حدود یک سوم متوسط بارندگی خشکی‌ها و کمتر از یک سوم بارندگی متوسط کره زمین و از سوی دیگر میزان تبخیر از سطح آن حدود سه برابر تبخیر خشکی‌های زمینی می‌باشد (اصغر زاده و ثنایی، ۱۳۸۵) ایران از نظر عرض جغرافیایی در کمربندی از کره زمین واقع شده است که اغلب مناطق خشک و نیمه خشک جهان در آن قرار دارند عامل این خشکی نیز از گردش عمومی هوا در کره زمین نشأت می‌گیرد لذا کمبود بارندگی در آن یک واقعیت ذاتی هیدرولوژیکی است. در سال‌های اخیر به علت تغییرات جهانی اقلیم ناهنجاری‌های بارش در نواحی مختلف کشور افزایش یافته است. تحقیقات و بررسی‌های نشان می‌دهد از بارش‌های منجمد سال‌های پیش در کشور کاسته شده و به جای آن بارندگی‌های رگباری که اغلب با سیل همراه است در غیر فصل و با شدت بیشتر ریزشی کند. بنابراین در صد فراوانی وقوع خشکسالی و شدت آن در کشور بسیار بالا بوده که بیشترین فراوانی با ۵۰٪ متعلق به منطقه بندرعباس می‌باشد و پس از آن به ترتیب، زابل ۴۶/۵٪، زاهدان ۴۳٪، یزد ۴۲٪، ایرانشهر ۴۰٪ و کرمان ۲۷٪ قرار دارند که همگی جزء مناطق خشک ایران محسوب می‌شوند. وقوع خشکسالی از ویژگی‌هایی اصلی آب و هوای ایران محسوب می‌شود که هم در قلمرو آب و هوای مرطوب و هم خشک قابل مشاهده است (جهانگیر کوپایی و همکاران، ۱۳۸۷). ویژگی عمده پراکنش بارندگی در ایران آن است که بارش سالانه در سطح کشور هم از نظر مکانی و هم از نظر زمانی اختلاف چشمگیری نشان می‌دهد. در حالی که میزان بارش در سواحل خزر، زاگرس و البرز به ترتیب حدود ۹۳۰، ۱۵۶۰ و ۵۳۰ میلی‌متر می‌باشد، در مناطق مرکزی به ۶۳ میلی‌متر می‌رسد که علاوه بر پراکنش ناهمگون مکانی، تغییرات شدید زمانی در آن به چشم می‌خورد (بابائی فینی و فرج‌زاده، ۱۳۸۱). ویژگی‌های آب و هوایی ایران از جمله بارش‌تها به شرایط محلی بستگی ندارد. بلکه عواملی دیگر تحت عنوان عوامل بیرونی منطقه‌ای و سیاره‌ای سامانه گردش جوی بر نوسانات عناصر آب و هوایی ایران از جمله بارش مؤثر است. مروری بر وضعیت بارش‌های ۴۰ سال گذشته نشان می‌دهد که متوسط بارندگی ۴۰ ساله کشور معادل ۲۴۹/۲ میلی‌متر بوده است در دوره آماری ۲۵ ساله اول یعنی ۱۹۶۹ تا ۱۹۹۵ یک روند افزایشی به میزان ۰/۳۶ میلی‌متر وجود داشته و از این سال به بعد یک روند کاهشی با افت سالیانه‌ای به میزان ۱/۷ میلی‌متر مشاهده می‌شود. لذا بارندگی در این دوره ۴۰ ساله سالانه ۰/۱۹ میلی‌متر کاهش داشته است که می‌تواند ناشی از اثرات تغییرات اقلیمی باشد (محمود سیفالهی و سیامک شهبابی، ۱۳۸۷). گرمایش جهانی شرایط خشکی را در نواحی خشک جهان با افزایش پتانسیل تبخیر و تهرق و افزایش بیابان زایی

تشدید خواهد کرد. (روشن و محمدنژاد به نقل از ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۱) امروزه پیش بینی داده‌های هواشناسی برای برنامه‌ریزی‌های آینده در زمینه‌های طبیعی و انسانی از اهمیت بالایی برخوردار است. از جمله می‌توان به پیش‌بینی خشک‌سالی و سیل و ... اشاره کرد که در این صورت می‌توان با برنامه‌ریزی مدون از خسارات احتمالی آن کاست (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۸۳) پیش‌بینی داده‌های هواشناسی جهت پیش‌بینی خشک‌سالی و سیل و گرمایش جهانی و ... برای مدیریت تولید محصول در آینده به علت وقوع پدیده‌های تغییر اقلیم، بسیاری از سامانه‌های محیط زیست طبیعی مانند منابع آب، تحت تأثیر قرار گرفته‌اند، به طوری که بهره برداری از مخازن آب، تولید محصولات کشاورزی، فرایند فرسایش، تولید رواناب و بسیاری دیگر از فرایندهای هیدرولوژیکی دچار گرگونی شده‌اند (سیدکابلی و همکاران، ۱۳۹۱). پیش‌بینی داده‌های هواشناسی جهت پیش‌بینی خشک‌سالی و سیل و گرمایش جهانی و ... برای مدیریت تولید محصول در آینده مدیریت منابع آب و جلوگیری از ایجاد بحران در آینده مورد نیاز است و پیش بینی اطلاعات هواشناسی به برنامه ریزان و مدیران و مسؤولان در مورد موارد مذکور کمک خواهد کرد. تعیین ویژگی‌های خشک‌سالی و ترسالی در یک منطقه، یکی از نیازهای اساسی برنامه‌ریزی محیطی و اقتصادی به ویژه برنامه‌ریزی برای مدیریت منابع آب می‌باشد (رضیئی و همکاران، ۱۳۸۶). از آن جایی که ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، پیش بینی بلندمدت بارش برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب دارای اهمیت است. تصمیم گیرندگان منابع آب نیاز به پیش بینی‌های مطمئنی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی دارند (صداقت کردار و فتاحی، ۱۳۸۷). بر اساس مطالعات طرح جامع آب کشور، ریزش‌های جوی (بیش از ۴۱۳ میلیارد مترمکعب)، منشأ اصلی منابع آب ایران را تشکیل می‌دهد از این میزان، حدود ۷۱ درصد آن به صورت تبخیر از دسترس خارج شده و تنها بخشی از آن (معادل ۸۸/۵ میلیارد مترمکعب) جهت مصارف بخش‌های کشاورزی، صنعت، معدن و شرب برداشت شده است. ذکر این نکته ضروری است به رغم آنکه ۹۴ درصد این مصارف، تنها به بخش کشاورزی اختصاص می‌یابد (وزارت نیرو، ۱۳۷۷)، لیکن به دلیل محدودیت منابع آب، از حدود ۳۷ میلیون هکتار اراضی مستعد کشاورزی، فقط ۷/۸ میلیون هکتار به صورت آبی کشت می‌شود (بریم‌نژاد و پیکانی، ۱۳۸۳) خشک سالی یکی از نوسان‌های اقلیمی است که عدم شناخت اصولی این پدیده زیان سنگینی بر اقتصاد یک منطقه، از طریق تأثیر طولانی و ماندگار بر بخش کشاورزی تحمیل می‌نماید (ساری صراف و جمعی، ۱۳۸۲) چرا که این بخش تامین کننده مواد غذایی و مواد مورد نیاز و اولیه صنایع می‌باشد. اهمیت این موضوع نیاز به برنامه‌ریزی مستدل و مدون در مواجهه با خشک‌سالی، براساس پژوهش‌های علمی را امری ضروری می‌نماید (ساری صراف و جمعی، ۱۳۸۲). جمعیت در استان مازندران بسیار متراکم بوده و اقتصاد محلی براساس محصولات کشاورزی با نیاز از آبی بالا (برنج و مرکبات) می‌باشد. بنابراین، موجودیت منابع آب به شدت بر اقتصاد استان اثر دارد. در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به پدیده زیانبخش خشک‌سالی‌ها از قبیل: بزرگی و تداوم آنها و همچنین پیش بینی رخداد آنها با احتمال وقوع معین، می‌تواند در زمینه برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب در کشاورزی بسیار مفید واقع شود (سید ادیب بنی مهد و داورخلیلی، ۱۳۹۲).

۲- بررسی پیشینه تحقیق

الف: منابع داخلی

به منظور پیش بینی احتمال وقوع خشک‌سالی از آمار بارندگی سالانه یازده ایستگاه سینوپتیک استان طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۲ میلادی استفاده نمودند. با استفاده از زنجیره مارکف، وضعیت‌های مختلف احتمال حالت‌های مختلف بارندگی در سال ۲۰۰۴ محاسبه و نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع برای سه وضعیت خشک سالی، نرمال و حالت مرطوب ترسیم گردید. رضیئی و همکاران (۱۳۸۲)، در پژوهشی شدت، تداوم و فراوانی خشک‌سالی هواشناسی بصورت موردی در سطح استان سیستان و بلوچستان را مورد بررسی قرار می‌دهند. ایشان با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه و تشکیل جوامع آماری همگن و نرمال سازی داده‌ها اقدام به ساخت سریزمانی بارندگی می‌کند. سپس با بهره‌گیری از تئوری RUN و تعیین سطح آستانه، جداسازی ماه‌ها و دوره‌های خشک، تر و نرمال صورت می‌گیرند و چگونگی استخراج منحنی‌های شدت - تداوم - فراوانی خشک‌سالی را ارائه کردند. در مرحله بعد با ترکیب تئوری RUN و زنجیره مارکوف نسبت به ساختن ماتریس احتمال انتقال ماتریس استایمان منطقه اقدام کردند. در نهایت وضعیت درازمدت منطقه از نظر دوام خشک‌سالی و نیز طول مدت خشک‌سالی‌ها در ۱۰ سال آینده پیش بینی می‌کنند. زاهدی و ترابی آزاد (۱۳۸۳)، در تحقیقی آثار عوامل جوی بر اقلیم خلیج فارس و نقش آنها در تغییرات در جریان‌های این منطقه با استفاده از آمار دراز مدت تبخیر، میزان بارندگی و دمای آب برای ایستگاه‌های سواحل شمالی خلیج فارس را بررسی و آنها را با یک دیگر مقایسه کردند. نتایج حاصل بیانگر افزایشی در حدود یک درجه سانتی‌گراد در میانگین دمای سال‌های اخیر نسبت به یک دوره‌ی دراز مدت

می‌باشد که این موضوع، تغییرات در میزان تبخیر، بارندگی، سرعت باد و افزایش ناپایداری ستون را دربر خواهد داشت. حجازی‌زاده و شیرخانی (۱۳۸۴)؛ با بهره‌گیری از روش گیس- ماهروروش زنجیره‌ی مارکوف مرتبه‌ی اول و حالت، فراوانی دوره‌های خشک، احتمال وقوع این دوره‌ها و سرانجام دوره‌ی بازگشت آن‌ها را در استان خراسان به تصویر کشیدند. عزیززاده و همکاران (۱۳۸۴)، وجود تغییر دما در دشت مشهد را به عنوان نمایه‌ی تغییر اقلیم با استفاده از ساده‌ترین روش‌های مطالعه روند تغییرات درجه حرارت (روش‌های رگرسیون بین دمای هوا و زمان وقوع، روش من کندال و لتن مایر)، بررسی کردند. این روند در دو سطح احتمالی ۵ و ۱۰ درصد بررسی گردید، نتایج نشان داد که در بیشتر ماه‌ها روند افزایشی بوده است همچنین اختلاف درجه حرارت هر سال با میانگین دراز مدت نیز محاسبه گردید. نتایج نشان داد که روند تغییرات در اغلب ماه‌ها مثبت و افزایشی است. همچنین تغییرات تفاوت دمای متوسط سالانه‌ی دشت مشهد در طول دوره آماری با میانگین دراز مدت ۵۰ ساله بررسی گردید. در این حالت نیز داده‌های درجه حرارت نشان دهنده روند مثبت در منطقه است و به طور کلی تغییرات دما در دشت مشهد، مشهود بوده است مساحت بوانی و مرید (۱۳۸۴)، تغییر اقلیم بر روی دما، بارندگی و رواناب در حوضه‌ی آبخیز رودخانه‌ی زاینده رود اصفهان را تحت دو سناریوی اقلیمی و برای دو دوره‌ی ۳۰ ساله‌ی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ و ۲۰۱۰-۲۰۹۹ میلادی تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج این تحقیق حاکی از کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت در هر دو دوره و بخصوص در دوره دوم را داشته، به طوری که در طی این دوره‌ها میزان کاهش بارندگی ۱۰ و ۱۶ درصد افزایش، و درجه حرارت به میزان ۴/۶ و ۳/۲ درجه سانتی گراد به ترتیب در سناریوهای A2 و B2 پیش بینی می‌شود.

طاهری و پناهی (۱۳۹۳)؛ به پایش خشک‌سالی در ایستگاه سینوپتیک قزوین بر اساس شاخص بارش استاندارد (SPI) و پیش‌بینی کوتاه‌مدت آن با زنجیره مارکوف اقدام نمودند. در این تحقیق احتمال بروز حالت‌های مختلف خشک‌سالی کوتاه‌مدت، بر اساس آمار ماهانه بارندگی ایستگاه سینوپتیک قزوین در طیسال‌های (۹۲-۱۳۴۵) محاسبه شده است. نتایج تحلیل پیش بینی خشک‌سالی با استفاده از زنجیره مارکوف نشان‌دهنده آن است که سال ۹۳-۱۳۹۲ با احتمال ۴۵/۵ درصد در وضعیت نرمال و شش‌ماهه اول سال آبی مذکور، احتمال گذار از شرایط نرمال به تر با احتمال ۴۷/۶ درصد بیشترین احتمال در سری زمانی داده‌های مورد بررسی را دارا می‌باشد. معروفی و همکاران (۱۳۹۳)؛ اقدام به پیش‌بینی خشک‌سالی با استفاده از سری زمانی SARIMA و شاخص SPI، در ناحیه مرکزی استان همدان کردند، ایشان از سری زمانی در پیش‌بینی بارش و از شاخص SPI برای پیش‌بینی خشک‌سالی استفاده نمودند. ایشان داده‌های ۳۵ ساله ایستگاه‌های سینوپتیک بهار را جهت پیش‌بینی خشک‌سالی مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که شاخص SPI بیانگر وقوع خشک‌سالی ضعیف در همپایستگی‌های مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ بوده است. زارع ابیانه و همکاران (۱۳۹۴)، به تحلیل و پایش خشک‌سالی منطقه سیستان و بلوچستان پرداختند. ایشان با استفاده از پنج شاخص رایج توزیع استاندارد (ZI)، انحراف از میانگین (SDI)، درصد نرمال بارندگی (PNPI)، ناهنجاری بارندگی (RAI) و کلاسه‌بندی دامنه بارش (PC) بر روی اطلاعات و آمار بارندگی فصلی و سالیانه چهار ایستگاه سینوپتیک زاهدان، زابل، چابهار و ایرانشهر طی دوره مشترک آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۴) به تحلیل خشک‌سالی اقدام نمودند. نتایج تحلیل‌های ایشان نشان داد که خشک‌سالی در استان سیستان و بلوچستان رو به افزایش است که بتدریج بر شدت آن نیز افزوده شده است. همچنین با عنایت به روند کاهشی بارش منطقه می‌توان انتظار رخداد خشک‌سالی‌های با شدت و مدت بیشتری را داشت. محمدی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از آمار بارش روزانه مربوط به ۵۸ سال (۲۰۱۳-۱۹۵۶) ایستگاه همدیدی شیراز، تواتر و تداوم روزهای بارانی در این شهر با به کارگیری مدل زنجیره مارکوف مورد مطالعه قرار گرفت. آمار فوق براساس ماتریس شمارش تغییر حالات رخداد روزهای خشک و تر (روزهای فاقد بارش و روزهای بارش) مرتب شده، سپس ماتریس تغییر وضعیت براساس روش درست‌نمایی بیشینه محاسبه نمودند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که احتمال وقوع بارش (روزهای تر) در هر روز ۰/۱۱۶۷ درصد و احتمال عدم وقوع بارش (روزهای خشک) ۰/۸۸۳۳ درصد می‌باشد. همچنین مشخص شد که بیشترین احتمال وقوع روزهای بارش، طی فصل زمستان به ویژه ماه‌های ژانویه و فوریه بوده است. مرادی و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی پیش‌بینی شدت، مدت، فراوانی و میزان خشک‌سالی در استان فارس اقدام کردند. بدین منظور داده‌های بارش در دوره آماری ۳۲ ساله را در ۵ مقیاس زمانی از ۲۶ ایستگاه برای پردازش با روش SPI جمع‌آوری کردند، و روند تغییرات را از یک تجزیه و تحلیل سری زمانی ارزیابی نمودند. سپس با استفاده از زنجیره مارکوف شرایط خشک‌سالی بلند مدت در استان را از نظر تعداد و مدت آن برای ۱۰ سال متوالی پیش بینی نمودند.

ب: منابع خارجی

لوهانی و همکارانش^۱ در سال (۱۹۹۸)، با اعمال مدل زنجیره مارکف بر طبقات شاخص خشک‌سالی پالمر، یک سامانه پیش‌آگاهی برای مدیریت خشک‌سالی کشاورزی در دو منطقه متفاوت اقلیمی در ایالت ویرجینیا را توسعه دادند. خاویر مارتین وید و لیدا گومز (۱۹۹۸) منطقه بندی شبه جزیره اسپانیا را بر مبنای طول دوره‌های خشک از طریق روش زنجیره مارکف انجام دادند و بر اساس آن، نواحی مختلف این کشور را تقسیم‌بندی کردند؛ به این ترتیب که روش مارکف در نواحی شمالی اسپانیا کاملاً پذیرفته شده و قابل قبول است و بر عکس، نواحی جنوبی اسپانیا تطبیقی با این روش ندارد. کاتفورثو همکاران^۲ در سال (۱۹۹۹)، به بررسی رفتار دما در منطقه پارایریه کانادا پرداختند. نتایج حاصل از تحلیل‌های ایشان بیانگر این موضوع بوده است که دمای حداقل و حداکثر سال ۱۹۵۰ به بعد در اواخر زمستان و اوایل بهار روندافزایشی داشته است.

اتومی و همکاران^۳ (۲۰۰۳) نیز به منظور مدل‌سازی آماری باد با بهره‌گیری از زنجیره مارکوف و توزیع ویبول دریافتند که توزیع ویبول، سرعت باد و زنجیره مارکوف، جهت باد را به خوبی توصیف می‌کنند. یو و هاشینو^۴ در سال (۲۰۰۳)، اقدام به ارزیابی روند دمای سالانه ژاپن طی یک صد سال منتهی به سال ۱۹۹۶ میلادی با آزمون من-کندال نمودند. نتایج حاصل از مطالعات ایشان نشان داد که دما در مدت فوق بین ۰/۵۱ تا ۲/۷۷ درجه سلسیوس افزایش داشته است. دان^۵ (۲۰۰۴) در مدل‌سازی همزمان رخداد و میزان بارش با بهره‌گیری از مدل‌های زنجیره مارکوف، توزیع پیرسون و توزیع گاما نشان داد که این مدل‌ها الگوهای بارشی مناسبی را ارائه داده‌اند.

۳- داده‌ها و روش‌شناسی تحقیق

برای انجام مدل مارکوف از نرم افزار Minitab و MATLAB کمک گرفته شده است. پس از بررسی همگنی داده‌ها متوسط بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی استان مازندران، متوسط بارندگی شاخص SPI بر اساس توزیع نرمال برآورد گردید. براساس آن مدل زنجیره مارکف بر مبنای ۵ حالت، خشک، خشک خفیف، متوسط، مرطوب خفیف، مرطوب، و براساس شاخص SPI احتمال انتقال هر کدام از حالات محاسبه گردید. و نهایتاً در این پژوهش یافته‌ها و پیش‌بینی‌های مدل زنجیره مارکف برای استان مازندران بیان می‌شود و مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

۴- منطقه مورد مطالعه

استان مازندران در شمال کشور و با وسعتی معادل ۲۳۷۵۶/۴ کیلومتر مربع حدود ۱/۴۶ درصد از مساحت کشور را در بر داشته است. دریای خزر در شمال، استانهای تهران و سمنان در جنوب و استانهای گیلان و گلستان به ترتیب در غرب و شرق استان قرار دارند. مازندران بر اساس آخرین تقسیمات کشوری دارای ۱۹ شهرستان به نام‌های آمل، بابل، بابلسر، بهشهر، تنکابن، جویبار، چالوس، رامسر، ساری، سوادکوه، قائمشهر، گلوگاه، محمودآباد، میاندرد، نکا، نور، نوشهر، فریدونکنار و عباس‌آباد، ۵۶ شهر، ۴۹ بخش، ۱۱۳ دهستان و ۳۶۹۷ آبادی می‌باشد.

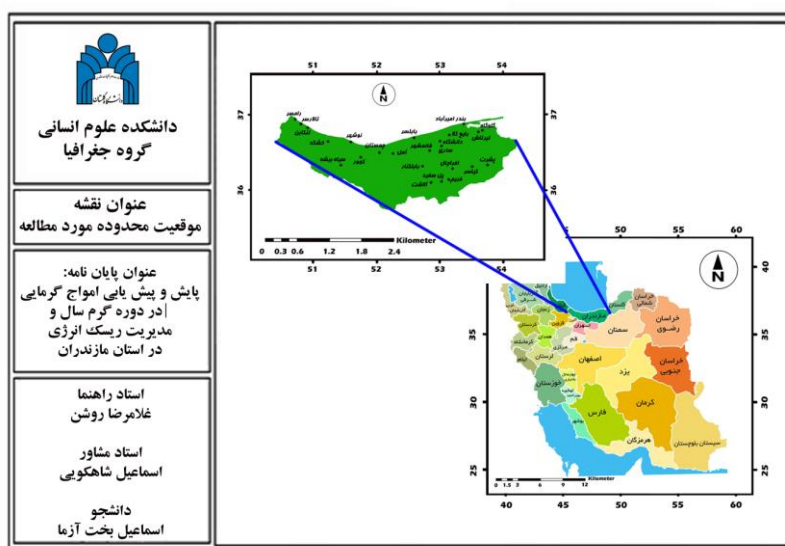
^۱- Lohani et al.

^۲- Cut Forth et al.

^۳- Ettoumi & et al.

^۴- Yeue and Hashino

^۵- Dunn



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان مازندران

۵- بحث و بررسی

امروزه تردیدی وجود ندارد که اقلیم در اشکال گوناگون از جمله در خشکسالی‌ها و وقوع سیل‌ها نقش تعیین کننده‌ای در وضعیت‌های اقتصادی و اجتماعی جوامع دارد. این شرایط در برخی کشورها مثل ایران که به علت دارا بودن شرایط خاص جغرافیایی و میانگین بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر در طبقه‌بندی نواحی اقلیمی جهان در محدوده‌ی خشک قرار می‌گیرد. لذا وقوع خشکسالی از ویژگی‌های اصلی آب و هوایی ایران محسوب می‌شود. استان مازندران مساحتی حدود ۲۳,۸ هزار کیلومتر مربع دارد این استان که یکی از قطب‌های کشاورزی کشور ما می‌باشد را نیز وقوع خشکسالی همواره تهدید می‌کند. وقوع خشکسالی و اثرات آن که بر بخش‌های مختلف زندگی انسان تأثیر می‌گذارد و این تأثیرپذیری باعث شده است که در دوره‌های اخیر جهت مقابله با این پدیده، متخصصین علوم هواشناسی و اقلیم شناسی به جستجوی راه‌حل‌هایی جهت مقابله با پدیده خشکسالی و کاستن خطرات احتمالی و صدمات مالی و جانی آن پرداخته‌اند. در این فصل داده‌هایی که از سازمان هواشناسی استان مازندران بدست آمده است را مورد تجزیه تحلیل قرار داده و میزان احتمال وقوع بارندگی بدست آمده و روند خشکسالی در سال‌های آتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بخش اول به بررسی ایستگاه‌ها پرداخته می‌شود و در مرحله بعدی داده‌های بارش و بعد بارش با مدل مارکوف مقایسه می‌گردد و در مرحله بعدی مدل SPI ترسالی و خشکسالی در هر ایستگاه پیش بینی می‌شود.

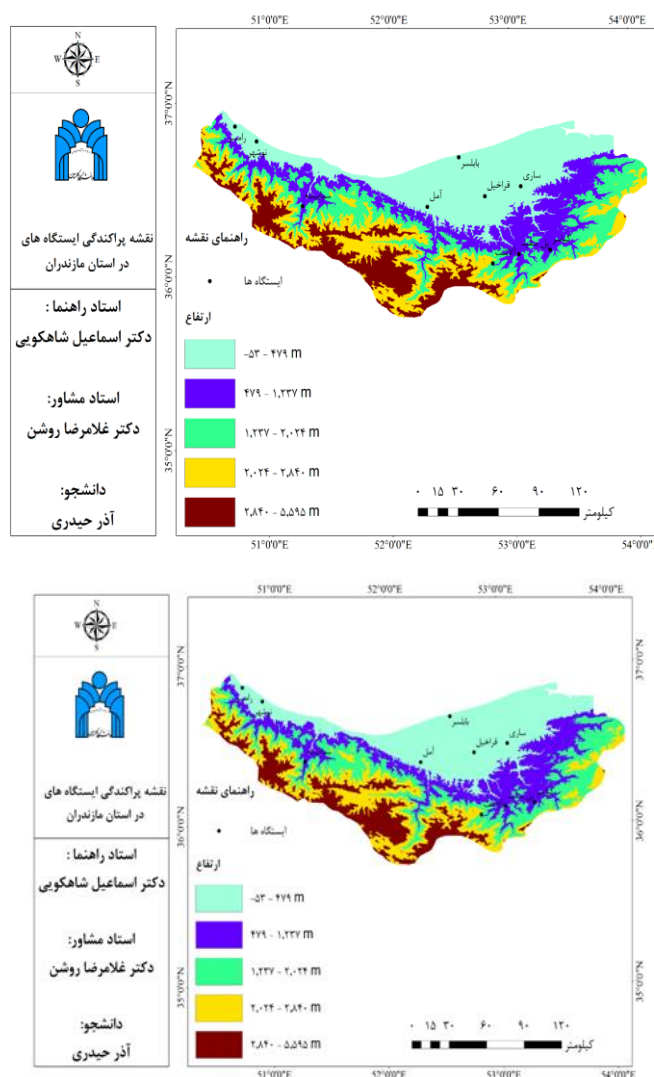
۶- یافته های تحقیق

در این مطالعه از پایگاه داده‌های رخداد بارش روزانه برای شهرهای رامسر، قراخیل، گلوگاه، بابلسر، آلاشت، پل سفید و کیاسر استفاده گردیده است. در نقشه ۱ پراکندگی ایستگاه‌های مازندران و در جدول ۱ مقادیر تجمعی آماری داده‌ها را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱- ایستگاه‌های مازندران

شماره	ایستگاه‌ها	تعداد سال داده	روزهای دارای آمار
۱	رامسر	۱۲	۴۳۸۰
۲	بابلسر	۱۳	۴۷۴۵
۳	قراخیل	۶۵	۲۳۷۲۵
۴	گلوگاه	۲۴	۸۷۶۰
۵	سیاه بیشه	۳۶	۱۳۱۴۰
۶	کیاسر	۶۶	۲۴۰۹۰
۷	پل سفید	۲۸	۱۰۲۲۴
۸	آلاشت	۲۸	۱۰۲۲۸

۱۰۲۳۴	۲۸	آمل	۹
-------	----	-----	---



نقشه ۲- پراکندگی ایستگاه های مازندران

۷- بررسی یافته های مدل زنجیره مارکوف برای کل مازندران

با توجه به جدول (۲) احتمال انتقال از خشک به خشک ۰/۷۵ درصد برآورد شده است، احتمال انتقال از خشک به مرطوب ۰/۲۴ درصد برآورد شده است که مجموع این دو حالت برابر با یک می باشد. در ارتباط با احتمال انتقال از مرطوب به خشک ۰/۲۵ درصد برآورد شده است و احتمال انتقال از مرطوب به مرطوب ۰/۷۴ درصد برآورد شده است، با توجه به نتایج حاصله از داده های ۱۱ سال اخیر احتمال انتقال حالت خشک به خشک بیشترین مقدار را به خود اختصاص داشته علاوه بر آن روند احتمال مرطوب به خشک هم مقدار بالایی را به خود اختصاص داشته است.

روند پیش بینی زنجیره مارکف با مرتبه ۱۰م نیز با توجه به جدول زیر، احتمال انتقال از خشک به خشک ۰/۶۳ درصد برآورد شده است، احتمال انتقال از خشک به مرطوب ۰/۳۶ درصد برآورد شده است که مجموع این دو حالت برابر با یک می باشد. در ارتباط با احتمال انتقال از مرطوب به خشک ۰/۳۸ درصد برآورد شده است و احتمال انتقال از مرطوب به مرطوب ۰/۶۱ درصد برآورد شده است.

در این پژوهش به منظور مطالعه و بررسی احتمالات رخداد و رخداد بارش، آرایه فراوانی و آرایه احتمال زنجیره مارکوف مرتبه اول، به روش حداکثر درست نمایی با دو حالت بارش و بی بارش و با آستانه بارش ۰.۵ تشکیل شد. احتمالات تجربی نیز در این بررسی مورد توجه قرار گرفت. مقایسه احتمالات تجربی (جدول ۳) و احتمالات مارکوفی (جدول ۲) نشان می‌دهد برای سه حالت انتقال از بارش به بارش، بارش به بی بارش، بی بارش به بارش، احتمالات تقریباً برابر است، در حالیکه در مدل زنجیره مارکوف برای دو حالت بارش به بارش، بارش به بی بارش، احتمالات کمترین اختلاف را داشته و این دو حالت با احتمال انتقال از بی بارش به بارش تفاوت زیادی را نشان می‌دهد و این موضوع گرایش اقلیم مازندران به سمت خشکی را تأیید می‌کند و در مدل احتمالات تجربی این نکته نشان داده شده است.

جدول ۲- احتمالات مارکوفی به درصد

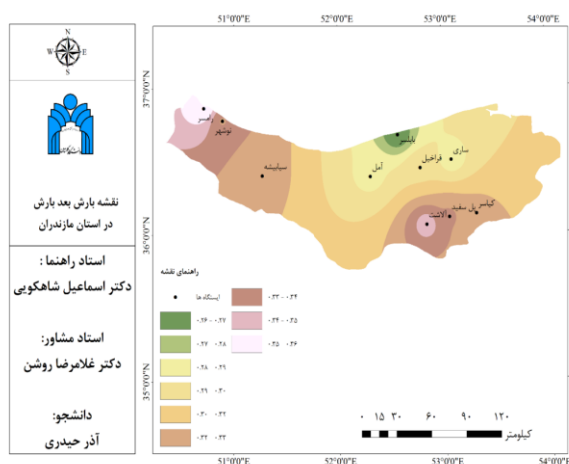
W	D	W	D	W	D		
۰/۳۶۸	۰/۶۳۱۹	۰/۲۴۵۳۳۷	۰/۷۵۴۶۶۳	۳۳۱۵	۱۰۱۹۷	D	کل استان
۰/۶۱۷۷	۰/۳۸۱۲	۰/۷۴۵۲۳۷	۰/۲۵۴۷۶۳	۹۷۰۰	۳۳۱۶	W	

جدول ۳- احتمالات تجربی به درصد

بارش	بارش به بی بارش	بی بارش به بارش	بی بارش به بارش	میانگین سالانه
۲۳,۳	۱۲,۳	۱۰,۷	۵۴,۹	

۷-۱- تحلیل روزهای بارش بعد از بارش

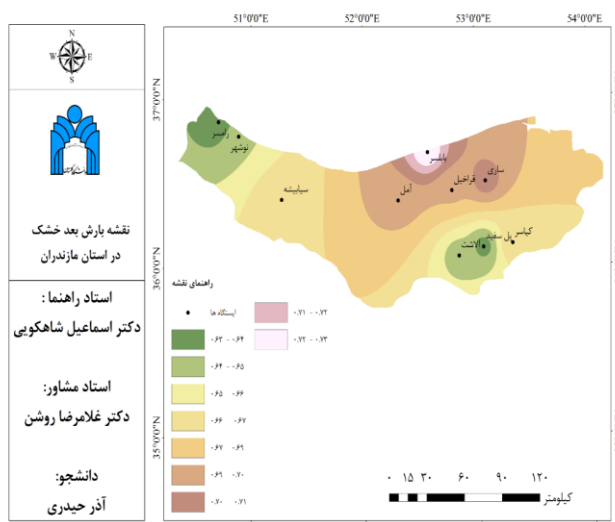
با توجه به نقشه ۴-۲ که نشان داده احتمال دهنده روند روزهای بارش به روز بارش در استان مازندران می‌باشد، این روند در سواحل غرب، شمال غرب و بخش‌هایی از جنوب شرق مازندران نسبت به شرقان بیشتر بوده است با توجه به درون یابی و نقشه ایستگاه رامسر با مقادیر ۰/۳۳۱۰-۰/۳۳۷۶ نسبت به ایستگاه‌های بابلرس احتمال بیشتری برای داشتن روزهای بارانی بعد از یک روز بارانی برخوردار بوده است، همینطور ارتفاعات جنوب شرقی مازندران همچون منطقه کیاسر هم مثل سواحل غربی مازندران مقادیر روزهای بارانی بیشتری در آن دیده می‌شود. و هر چه از این ارتفاعات به سمت سواحل پایین دست نزدیک می‌شویم احتمال روزهای بارانی بعد از یک روز که بارندگی داشته است، کمتر می‌شود. همچنان که در نقشه مشاهده می‌شود سه ایستگاه ساری، قراخیل، آمل در منطقه رنگ زرد روشن مقادیر بین ۰/۲۸ تا ۰/۲۶ را به خود اختصاص داده است، و بابلرس در منطقه با رنگ سبز قرار داده شده و مقادیر بین ۰/۲۹ تا ۰/۳۱ را به خود اختصاص داده است، در این ایستگاه‌ها در اکثر مواقع شاهد روزهای خشک بعد از روزهای بارانی در این مناطق بیشتر می‌باشد. ایستگاه سیاه بیشه در منطقه‌ای با رنگ بنفش کم رنگ قرار گرفته است، این منطقه از تغییراتی بین ۰/۳۱۸۲ تا ۰/۳۲۰۵ برخوردار می‌باشد.



نقشه شماره ۳- روزهای بارش بعد بارش

۷-۲- تحلیل روزهای بارش بعد خشک

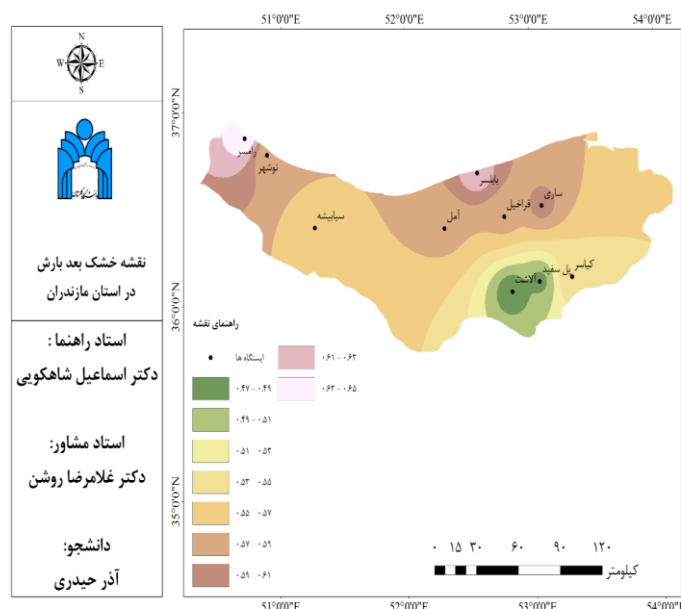
همانطوری که نقشه شماره ۴ نشان می‌دهد احتمال روزهای بارش پس از یک روز خشک در بخش‌های شمالی و شمال غربی استان مازندران نسبت به سایر بخش‌های آن بیشتر بوده است. با توجه به درون یابی صورت گرفته ایستگاه بابلسر و در مرتبه‌ای با شدت کمتر ایستگاه‌های قراخیل، آمل و ساری در پهنه‌ای با مقادیر ۰/۵۸۶ تا ۰/۷۰۳ قرار گرفته‌اند، که این بدین معنی می‌باشد که در این ایستگاه‌ها احتمال وقوع روز بارشی بعد از یک روز خشک بسیار بالا می‌باشد. در مقایسه با ایستگاه‌های مطرح شده بخش‌هایی ارتفاعات جنوب شرقی مازندران همچون ایستگاه‌های آلاشت، کیاسر و پل سفید دارای مقادیر روزهای بارش بعد از یک روز خشک کمتری نسبت به سایر نقاط را دارا می‌باشند، هر چه از این ارتفاعات به سمت سواحل پایین دست حرکت می‌کنیم احتمال وقوع روزهای بارش پس از یک روز خشک بیشتر می‌شود. همچنین بخش‌های شمال غربی استان یعنی ایستگاه‌های رامسر و نوشهر، در منطقه با رنگ سبز با مقادیری بین ۰/۶۶۳ تا ۰/۶۶۶ قرار گرفته شده‌اند، این مقادیر نشانگر کاهش روزهای بارش بعد از یک روز خشک در این مناطق می‌باشد. مناطق زرد رنگ در این نقشه نشانگر مناطقی متوسط از نظر روند این تغییر می‌باشد، که ایستگاه سیاه بیشه در این بازه‌ی رنگی قرار دارد که مقادیری بین ۰/۶۷۳ تا ۰/۶۷۵ را به خود اختصاص داده است.



نقشه ۴- درون یابی روز بارش بعد روز خشک

۷-۳- تحلیل روزهای خشک بعد بارش

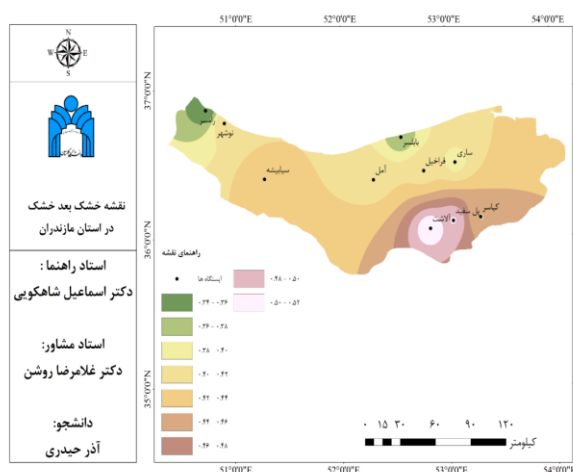
با توجه به نقشه شماره ۵ که نشان دهنده احتمال وقوع روزهای خشک بعد از یک روز بارش در استان مازندران می‌باشد، درون یابی صورت گرفته بیانگر این است که بیشترین احتمال وقوع یک روز خشک بعد از یک روز بارش در ایستگاه‌های رامسر و بابلسر با مقادیری بین ۰/۵۸ تا ۰/۶۰ می‌باشد. هر چه از رنگ بنفش به سمت رنگ سبز حرکت می‌کنیم از احتمال وقوع آن کاسته می‌شود به گونه‌ای که ایستگاه نوشهر در با مقادیر بین ۰/۵۸۲ تا ۰/۵۸۹ در رتبه بعدی این احتمال قرار گرفته است. در ایستگاه‌های ساری، قراخیل و آمل احتمال وقوع روزهای خشک بعد از یک روز بارش نسبت به ایستگاه‌های مطرح شده کاهش می‌یابد به طوری که مقدار این احتمال بین ۰/۵۷۵ تا ۰/۵۸۲ می‌باشد. هر چه از مناطق ساحلی خزر دور شده و به سمت کوهستان البرز حرکت می‌کنیم یک روند کاهشی در این احتمال را مشاهده می‌کنیم به گونه‌ای که در ایستگاه‌های کوهستانی کیاسر، آلاشت و پل سفید احتمال وقوع یک روز خشک بعد از یک روز بارش بسیار کاهش یافته و مقادیری بین ۰/۵۲ تا ۰/۵۵ را به خود اختصاص می‌دهند، از آنجایی که این مناطق جنگلی و مه‌گیر بوده و ارتفاع بیشتری نسبت به ایستگاه‌های دیگر دارد، و رطوبت موجود در هوا به وسیله نسیم دریا به خشکی به این سمت حرکت کرده و بارندگی رخ می‌دهد و وجود رطوبت کافی در منطقه باعث می‌شود که روزهای خشک و آفتابی کمتری را پس از یک روز بارانی تجربه کند.



نقشه شماره ۵- روز خشک بعد روز بارش

۴-۷- تحلیل احتمال روزهای خشک پس از خشک

همانطوری که نقشه شماره ۶ نشان می‌دهد احتمال روزهای خشک پس از یک روز خشک در بخش‌های جنوبی و جنوب شرقی استان مازندران نسبت به سایر بخش‌های آن بیشتر بوده است، همانطور که از آب و هوای استان مازندران مشخص است مناطق مرطوب و پر بارش این استان در راستای دریای خزر پراکنده شده است و هر چه از سمت سواحل خزری به بخش‌های جنوبی استان و سمت کوهستان البرز حرکت می‌کنیم از میزان بارش و تعداد روزهای مرطوب کاسته می‌شود. با توجه به درون یابی صورت گرفته احتمال وقوع روز خشک پس از یک روز خشک در ایستگاه‌های آلاشت و پل سفید بیشترین مقدار را معادل ۰/۴۴ تا ۰/۴۶ به خود اختصاص داده‌اند. ایستگاه کیاسر با کمی اختلاف از ایستگاه‌های مطرح شده مقادیر بین ۰/۴۳ تا ۰/۴۴ را به خود اختصاص داده است. هر چه از سمت مناطق کوهستانی به نواحی ساحلی حرکت می‌کنیم از احتمال وقوع تعداد روزهای خشک پس از یک روز خشک کاسته می‌شود به طوری که ایستگاه سیاه بیشه مقادیر بین ۰/۴۲ تا ۰/۴۳ و ایستگاه‌های قراخیل، آمل و ساری مقادیر بین ۰/۴۱۹ تا ۰/۴۲ را به خود اختصاص داده‌اند. کمترین تعداد احتمال وقوع روزهای خشک پس از یک روز خشک به ایستگاه‌های رامسر، نوشهر و بابلسر با مقادیر بین ۰/۳۹ تا ۰/۴۰ تعلق دارد.



نقشه ۶- روز خشک بعد روز خشک

۸- خروجی‌های مدل SPI با نرم‌افزار DIC

دیگر سوالی که ما در این پژوهش در آن با ارتباط بوده‌ایم بررسی ترسالی و خشک سالی در استان بوده برای نیل به هدف ما از نرم افزار DIC کمک گرفتیم. این نرم افزار جهت تعیین شاخص‌های خشکسالی طراحی شده است با پنج سری داده (سالیانه، ماهیانه، فصلی، متحرک و روزانه) می‌توان با آن کار کرد.

اطلاعات بارندگی را از اکسل در صفحه Worksheet نرم افزار کپی نموده و با اجرای Run شاخص‌های خشکسالی (۹ روش) اجرا می‌شود همچنین می‌توان خروجی را اتوماتیک به اکسل برده و نمودارهای رسم شده را مشاهده کرد. داده‌ها برای پیش‌بینی ۲۰۲۰ وارد نرم افزار DIC شده پیش‌بینی برای سالهای مورد نظر انجام گرفت.

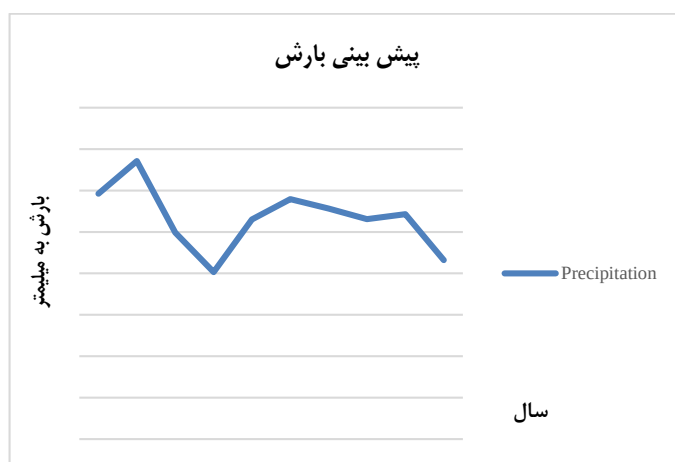
شاخص SPI در سال ۱۹۹۳ توسط مک کی و همکارانش با توجه به بررسی اثرات متفاوت کمبود بارش بر روی آب‌های زیرزمینی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک، کلاهی برفی و جریان آبراهه، در ایالت کلرادو ارائه شد (McKee, et al., 1993). این شاخص جهت کمی کردن کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف طراحی شده است. این مقیاس‌ها اثرات خشکسالی را بر روی میزان توانایی منابع آب نشان می‌دهد. کمبود بارش در مقیاس زمانی کوتاه مدت، عمدتاً بر روی وضعیت رطوبت خاک اثر می‌گذارد، در صورتی که کمبود بارش طولانی مدت اغلب بر آب‌های زیرزمینی، جریان رودخانه و ذخایر منابع آب مؤثر است (Hayes, McKee et al., 2001).

با توجه به این موضوع، مک کی و همکارانش، شاخص استاندارد شده بارش را در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه کردند. محاسبه SPI برای هر مکان، بر اساس ثبت بارش‌های طولانی مدت در دوره زمانی مورد نظر پایه‌گذاری شده است. داده‌های طولانی مدت ثبت‌شده با یک توزیع احتمالاتی برازش داده می‌شوند و سپس به یک توزیع نرمال تبدیل می‌گردند، به طوری که میانگین SPI برای هر منطقه با دوره مورد نظر صفر است (Hayes, 2001). جدول ۴ مقیاس طبقه بندی SPI را نشان می‌دهد. مقدار SPI مثبت بیانگر بارش بیشتر از متوسط و مقدار SPI منفی بیانگر بارش کمتر از مقدار متوسط می‌باشد. زمانی که مقدار SPI محاسبه‌شده منفی باشد، نشانه شروع خشکسالی است و هنگامی که این شاخص مثبت باشد، پایان خشکسالی را نوید می‌دهد.

جدول ۴- جدول مقیاس طبقه بندی SPI (احمدیان طبسی و همکاران، ۱۳۸۵)

وضعیت	Situation	عدد مربوط به شاخص
ترسالی حاد	Extremely Wet	بیشتر از ۲
ترسالی شدید	Very Wet	۱.۵-۱.۹۹
ترسالی متوسط	Moderately Wet	۱-۱.۴۹
نرمال	Normal	۰.۹۹-۰.۹۹
خشکسالی خفیف	Low Dry	۱-۱.۴۹
خشکسالی متوسط	Moderately Dry	۱.۴۶-۱.۹۹
خشکسالی شدید	Severely Dry	بیشتر از ۲

نقطه پیک بارش با توجه به شکل ۷ نمودارپیش بینی بارش متعلق به سال ۲۰۱۲ می‌باشد که حدود ۶۸۰ میلی‌متر بوده است، و کمترین مقدار بارش متعلق به سال ۲۰۱۴ با مقدار ۴۰۰ میلی‌متر بوده است. این مدل با استفاده از میانگین داده‌های بلند مدت روند بارش در آینده را پیش بینی می‌نماید، طبق نمودار پیش بینی روند بارش در سال‌های آینده در استان مازندران یک روند کاهشی خواهد بود.



شکل ۷ نمودار پیش بینی بارش در استان مازندران

با توجه به خروجی شکل ۸ که نمودار روند خشک سالی و تر سالی را از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۷ در استان مازندران نشان داده است، بخش بالایی نمودار روند ترسالی و بخش پایینی نمودار روند خشک سالی را نمایش می‌دهد. این مدل با استفاده از داده‌های موجود روند خشک سالی را تا سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی نموده است. با توجه به این نمودار نقطه پیک ترسالی متعلق به سال ۲۰۱۲ است که ما شاهد یک ترسالی متوسط در کل استان می‌باشد، در این سال منطقه مطالعاتی بیشترین بارش را در بازه مطالعاتی تجربه کرده است. و نقطه پیک خشک سالی متعلق به سال ۲۰۱۴ و ۲۰۲۰ می‌باشد که به ترتیب نشان‌دهنده خشک سالی‌های بسیار شدید و شدید بوده است که با توجه به داده‌های بارش در سال ۲۰۱۴ منطقه ما دچار کاهش بارش بوده است. پیش‌بینی صورت گرفته برای ترسالی و خشک سالی نیز که با توجه به سابقه آب و هوایی منطقه و داده‌های موجود صورت گرفته افزایش روند خشک سالی را در آینده نشان داده است.



شکل ۸ نمودار پیش بینی خشک سالی و تر سالی با مدل SPI برای کل مازندران

۹- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با به کارگیری تکنیک زنجیره مارکوف، وضعیت استان از نظر قرار گرفتن در موقعیت خشکی و تری واکاوی شد. داده‌های مربوط به ۱۷۶۰ یافته برای ۱۰۹۵۰ روز است. نتایج نشان داد به علت موقعیت خاص جغرافیایی و بهره‌مندی کمتر ایران زمین، از سامانه‌های بارش زا و عرض جغرافیایی، مدل مرتبه اول زنجیره مارکوف برازش خوبی با اقلیم مازندران دارد. همچنین به علت دوام کمتر و پراکندگی بیشتر بارش، هم از نظر مکانی و هم از نظر زمانی آستانه ۰/۴۳ برای تمایز روز بدون بارش از روز همراه یا بارش مناسب تشخیص داده شد. نقشه‌های احتمالات تجربی و احتمالات مارکوفی بارش بیشتر را برای مناطق ساحلی با

وسعت بیشتر و بارش کمتر را برای بخش کوهستانی از استان مازندران نشان داده است. آرایه احتمال انتقال برای تمام یاخته‌ها پس از اینکه به توان ۱۰ رسید، پایا شد. این پایایی احتمال عدم وقوع بارش روزانه را ۶۳۲۳ و احتمال وقوع بارش روزانه را ۲۳۷۷ برای استان در دراز مدت پیش بینی می‌کند و این برای مازندران که دارای اقلیم معتدل و مرطوب بوده شرایط بحرانی را ایجاد می‌کند. چهار احتمال برای تمامی ایستگاه‌ها بررسی شد، احتمال وقوع بارش بعد از یک روز بارشی در ایستگاه‌های آلاشت، رامسر، نوشهر، سیاه بیشه، کیاسر و پل سفید بیشترین درصد را داشت. احتمال وقوع بارش بعد از یک روز خشک در ایستگاه‌های قراخیل، بابلسر، ساری و آمل بیشترین احتمال را دارد. احتمال وقوع روز خشک بعد از یک روز بارش در ایستگاه‌های رامسر، نوشهر، قراخیل، بابلسر، ساری و آمل ایستگاه‌های با بیشترین درصد احتمال را دارا بود و احتمال وقوع یک روز خشک بعد از یک روز خشک در ایستگاه‌های آلاشت، سیاه بیشه، کیاسر و پل سفید ایستگاه‌های با بیشترین درصد احتمال وقوع بوده‌اند.

دما و بارش از عناصر اصلی شناخت اقلیم می‌باشند. پیش بینی داده‌های هواشناسی جهت پیش‌بینی خشک‌سالی و سیل و گرمایش جهانی و... برای مدیریت تولید محصول در آینده و مدیریت منابع آب و جلوگیری از ایجاد بحران در آینده مورد نیاز است. در این تحقیق با استفاده از مدل آماری SPI و داده‌های هواشناسی ۲۰۲۰ ایستگاه سینوپتیک استان مازندران، پیش بینی داده‌های هواشناسی صورت گرفت. سپس با استفاده از شاخص SPI و داده‌های هواشناسی دوره پایه ۲۰۲۰ و دوره شبیه‌سازی شده به تعیین ترسالی و خشک سالی‌ها در این دو دوره پرداخته شد. بر اساس نتایج پیش‌بینی خشک‌سالی و ترسالی برای هر ایستگاه به تفکیک، در اکثر ایستگاه‌ها در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ وقوع ترسالی پیش‌بینی شده، البته با شدت و ضعف متفاوتی مشاهده شده است، تنها ایستگاه در سال ۲۰۱۹ دارای خشک‌سالی بسیار شدید پیش‌بینی شده است. برای سال ۲۰۲۰ مدل SPI روند خشک سالی را برای تمامی ایستگاه‌ها پیش‌بینی نموده است، این وضعیت با شدت و ضعف ولی در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه تکرار شده است. کل استان مازندران که با استفاده از میانگین ایستگاه‌های مطالعاتی به دست آمده است، نشان دهنده این موضوع است که بارش در این دو دوره روند کاهشی را نشان می‌دهد و در دوره پیش‌بینی شده با توجه به نتایج به دست آمده بیشتر بارش‌ها به صورت تجمعی و یکجا باریده از طرف دیگر خشک سالی و ترسالی‌ها نیز در دوره پیش‌بینی شده نسبت به دوره پایه رو به افزایش نهاده و این نشان می‌دهد که بارش از وضعیت نرمال خارج شده و می‌توان گفت که در آینده خشک سالی و سیل در این منطقه افزایش می‌یابد.

۱۰-ارائه پیشنهادات

در این زمینه برای جلوگیری از وضعیت بحران با توجه به افزایش خشک‌سالی‌ها و حتی سیل، توجه مسئولان و برنامه‌ریزان امر را در این زمینه‌ها جهت کاهش خسارات احتمالی می‌طلبند. این نکته که روند تغییر اقلیم و گرمایش جهانی و به تبعیت از آن، خشک‌سالی، تا چه حد و با چه شدتی نواحی مختلف کشور از جمله دشت‌های مازندران و کوهستان‌های آن را تحت تأثیر قرار داده، نیاز به تحقیقات گسترده و عمیق‌تری دارد، که پیشنهاداتی به شرح زیر ارائه می‌گردد:

باتوجه به کاهش ریزش‌های جوی و افزایش روزهای خشک پیشنهاد اطلاع‌رسانی به وسیله صدا و سیما و دنیای مجازی انجام شود تا مردم نیز در کاهش و کنترل پیامدهای خشک‌سالی مشارکت کنند

در استان مازندران به خاطر آب و هوای معتدل، وجود جنگل و دریا، منابع و معادن، وجود بناهای تاریخی، شرایط برای گسترش فعالیت‌های غیرکشاورزی مخصوصاً صنعت توریسم فراهم می‌باشد که علاوه بر توسعه و پیشرفت این منطقه و اشتغال‌زایی ... وابستگی زیاد این منطقه را به مصرف آب کم می‌کند

تعداد ایستگاه‌های موجود در سطح استان‌ها به خصوص در مناطق کوهستانی افزایش یابد؛
از شاخص‌های اقلیمی دیگری هم برای مدل‌سازی‌ها استفاده گردد؛

منابع

- ۱- ابراهیمی، حسین، علیزاده، امین، جوانمرد، سهیلا، ۱۳۸۴. بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، نشریه تحقیقات جغرافیایی، زمستان ۱۳۸۴، دوره ۲۰، شماره ۴.
- ۲- اصغرزاده ح و ثنایی‌نژاد (۱۳۸۵) تخمین تبخیر- تعرق گیاهان با استفاده از داده‌های سنجنش از دور (AS) و سیستم اطلاعات جغرافیا (GIS) در حوضه آبخیز تنگ کنشت کرمانشاه. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت- شبکه‌آبیاری و زهکشی . دانشگاه شهید چمران اهواز.

- ۳- دکتر امین علی زاده -استاد دانشگاه فردوسی مشهد -ناصول هیدرولوژی کاربردی-ناشر دانشگاه امام رضا (ع)
- ۴- بریم‌نژاد، و. و پیکانی، غ.ر. ۱۳۸۳. تأثیر بهبود آبیاری در بخش کشاورزی بر افزایش سطح آب‌های زیرزمینی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. سال ۱۲.
- ۵- آذرخشی، مریم، فرزادمهر، جلیل، اصلاح، مهدی، صحابی، حسین، ۱۳۹۲. بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب و هوایی ایران. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲.
- ۶- ابراهیمی آذرخواران، فریبا، مقدم نیا، علیرضا، ۱۳۹۲. پیش بینی خشکسالی با استفاده از زنجیره مارکف (مطالعه موردی: زیرحوضه‌های آبخیزکلانک، حوزه آبخیز طالقان). نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری، سال اول، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۲.
- ۷- آشگر طوسی، شادی، علیزاده، امین، جوانمرد، سهیلا، ۱۳۸۲. پیش‌بینی احتمال وقوع خشک سالی در استان خراسان. تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۰.
- ۸- بابایی فینی، ام السلمه، فرج زاده اصل، منوچهر، ۱۳۸۱. الگوهای تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران. نشریه مدرس علوم انسانی.
- ۹- بلاق جمالی، جواد و همکاران. (۱۳۸۱). پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی ۲۱۷.
- ۱۰- بری، ابرقویی، ح، بلاق جمالی، ج؛ توکلی، م. (۱۳۸۲)، «کاربرد برخی از شاخص‌های آماری هواشناسی جهت ارزیابی شدت خشکسالی در مقیاس کشوری (بین استان‌ها)»؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۰.
- ۱۱- وفاخواه، مهدی، رجبی، منصور، ۱۳۸۴. کارآیی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی برای پایش و ارزیابی خشکسالی‌های حوزه آبخیز دریاچه‌های بختگان: طشک مهارلو. مجله بیابان، جلد ۱۰، سال ۱۳۸۴ - شماره ۲.
- ۱۲- روشن، غلامرضا و آروق محمدنژاد (۱۳۹۱) پیش بینی تغییرات هیدرولوژیکی تراز آب دریاچه ارومیه با رویکرد به - طرح‌های فرضی متفاوت گرمایش جهانی در دهه‌های آینده، پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی، شماره ۹.
- ۱۳- محمدی، حسین، ماهوتچی، محمدحسن، خزایی، مهدی، عباسی، اسماعیل، ۱۳۹۴. واکاوی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی شهر شیراز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف. فصلنامه تطلعات جغرافیایی سپهر، دوره ۲۴، شماره ۹۳، بهار ۱۳۹۴.
- ۱۴- ناظم السادات، سید محمدجعفر (۱۳۷۸)، بررسی تاثیر پدیده انسو بر بارندگی پاییزه ایران، مجموعه مقالات دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی
- ۱۵- استوار میمنندی، ابراهیم، (۱۳۷۹)، ال نینو و رابطه آن با بارش‌های ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس .
- ۱۶- قادری‌زه، خالد، ۱۳۸۷. بررسی روند دوره‌های کوتاه مدت خشک و مرطوب ایران شهر طی سال‌های (۱۳۵۹-۱۳۸۵) با استفاده از مدل زنجیره مارکف. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، مهرماه ۱۳۸۷.
- ۱۷- کاویانی، محمدرضا، علیجانی، بهلول، ۱۳۷۱. مبانی آب و هواشناسی. تهران، انتشارات سمت
- ۱۸- کریمی، و، کامکار حقیقی، ع. ا.، سپاسخواه، ع. ر.، و خلیلی، د. ۱۳۸۰. بررسی خشکسالی‌های هواشناسی در استان فارس. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۵. شماره ۴. زمستان ۱۳۸۰. دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۱۹- کهرباييان، پروين، ايرانمنش، انيسو محمدی، حسین (۱۳۹۲). کاربرد مدل زنجیره مارکوف و توزیع نرمال در تعیین احتمال وقوع دوره‌های خشکی ترسالی مشهد. ص ۱۸۲- مجله جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای. شماره ۲۰. بهار تابستان
- ۲۰- علامه، عبدالرسول، ۱۳۸۷. خشکی و خشکسالی، مجموعه مقالات همایش کاربردی خشکسالی (چالش‌ها و راهکارها)
- ۲۱- علوی پناه، سید کاظم، لدنی، مسلم، ۱۳۹۱. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲۲- علیجانی، بهلول، ۱۳۷۴. آب و هوای ایران. تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۲۳- علیزاده، امین، کمالی، غلامعلی، موسوی، فرهاد، موسوی بایگی، محمد، ۱۳۸۴. هوا و اقلیم شناسی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲۴- غیور، حسنعلی، مسعودیان، سید ابوالفضل، ۱۳۷۵. بررسی مکانی رابطه‌ی بارش با ارتفاع در ایران زمین. فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، سال یازدهم.

- ۲۵- فرج زاده، منوچهر، احمدیان، کلثوم، ۱۳۹۳. تحلیل زمانی و مکانی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در ایران. مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۳، شماره ۴، بهار ۱۳۹۳.
- ۲۶- قاضی پور، شاپور، ۱۳۸۶. بررسی تغییرات آهنگ ماهانه، فصلی و سالانه‌ی بارش در ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- ۲۷- قربانی، محمد حسین، سلطانی، افشین، ۱۳۸۱. بررسی تغییر اقلیم گرگان طی چهل سال گذشته. نشریه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، زمستان ۱۳۸۱، دوره ۹، شماره ۴.
- ۲۸- شمسی پور، علی اکبر، علوی پناه، سید کاظم، محمدی، حسین، ۱۳۸۹. بررسی کارایی شاخص هایگیاهی و حرارتی NOAA-AVHRR در تحلیل خشکسالی منطقه کاشان. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، پاییز ۱۳۸۹، دوره ۱۷، شماره ۶۵.
- ۲۹- صداقت کردار، عبدالله، فتاحی، ابراهیم، ۱۳۸۷. شاخص های پیش آگاهی خشکسالی در ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱، بهار و تابستان ۱۳۸۷.
- ۳۰- طاهری، مینا، پناهی، مهدی، ۱۳۹۳. پیش بینی کوتاه مدت خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده و زنجیره احتمالاتی مارکف (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک قزوین). پژوهشنامه کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۴، شماره ۱۸، زمستان ۱۳۹۳.
- ۳۱- گودرزی، محمدرضا، ذهبیون، باقر، مساح بوانی، علی رضا، کمال، علی رضا، ۱۳۹۱. مقایسه عملکرد سه مدل هیدرولوژی SWAT، IHACRES و SIMHYD در شبیه سازی رواناب حوضه قره سو. مجله مدیریت آب و آبیاری، دوره ۲، شماره ۱ - شماره پایانی ۹۵۳۱۹۹، بهار و تابستان ۱۳۹۱.
- ۳۲- رهنمائی، محمد تقی، ۱۳۹۰. گردشگری شهری. انتشارات سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور.
- ۳۳- رهنمائی، محمد تقی، شاه حسینی، پروانه، ۱۳۸۶. فرایند شکل گیری و رشد شهرهای ایران، مجله اطلاعات سیاسی- اقتصادی، خرداد و تیر ۱۳۸۶، شماره ۲۳۷ و ۲۳۸.
- ۳۴- زارع ایبانه، حمید، سبزی پرور، علی اکبر، معروفی، صفر، قیامی، فرشته، میرمیسودی، سیده شقایق، کاظمی، آزاده، ۱۳۹۴. تحلیل و پایش خشکسالی هواشناسی منطقه سیستان و بلوچستان. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴.
- ۳۵- زاهدی، رفیعه، ترابی آزاد، مسعود، ۱۳۸۲. نقش تغییر اقلیم بر جریانهای خلیج فارس. سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، اصفهان، سازمان هواشناسی کشور، دانشگاه اصفهان.
- ۳۶- سلیقه، مجید، علیجانی، بهلول، دل آرا، قدیر، ۱۳۹۰. تحلیل فضایی بارش فصول مرطوب سال با استفاده از مدل زنجیره مارکف مطالعه موردی استان اردبیل. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۲۰، شماره ۲۳، زمستان ۱۳۹۰، ۴۳.
- ۳۷- ساری صراف ب. و جامعی ج (۱۳۸۲). تحلیل و برآورد خشکسالی در غرب ایران. تحقیقات جغرافیایی ۱۸ (۱۷).
- ۳۸- رسولی، علی اکبر، ۱۳۸۷. مبانی سنجش از دور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره ای. انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ اول.
- ۳۹- حنفی، علی، خوش اخلاق، فرامرز، سلطانی، محسن، ۱۳۹۱. تحلیل خشکسالی های استان تهران با استفاده از شاخص SPI و پیش بینی آن براساس مدل زنجیره مارکوف. مجله جغرافیا و پایداری محیط، دوره ۲، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۱.
- ۴۰- جوانمرد، سهیلا، بداد، جمالی، جواد، شهاب فر، علی رضا، خزانه داری، لیلی، ۱۳۸۲. بررسی همبستگی تغییرات فشار قزاقستان- دریای عمان با نوسان های بارش ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۱.
- ۴۱- بنی مهد، سیدادیب، خلیلی، داور، ۱۳۹۲. تحلیل انتقال گروه های خشک سالی با استفاده از زنجیره مارکف و روش خطی - لگاریتمی: راه کاری برای اعلام هشدار اولیه. نشریه علوم مهندسی آب خیزداری ایران، سال هشتم، شماره ۲۴، بهار ۱۳۹۳.
- ۴۲- بوشر، کیت، ۱۳۷۳. آب و هوای کره زمین، منطقه ی برون حاره. جلد دوم، ترجمه بهلول علیجانی، تهران، انتشارات سمت.
- ۴۳- بیاتی خطیبی، مریم، جهان بخش اصل، سعید، فرشی فروغ، جواد، ۱۳۷۸. تجزیه و تحلیل سینوپتیک بارش های منطقه ی شمال غرب ایران. مجله ی دانش کشاورزی، سال نهم، شماره ی ۱.

- 44- Agnew, C.T, 2000, Using the SPI to identify drought. Drought Network News, Vol. 12(1.).
- 45- Azzam, S., A. Azzm, and M. Nielsen, 1990. Markov chains as shortcut method to estimate age distributions in herds of beff cattle. J. Anim. Sci(68): 5-14.
- 46- Bazuhair, A. S., Al-Gohani, A. B. D. U. L. K. H. A. L. I. Q., & Sen, Z. (1997). Determination of monthly wet and dry periods in Saudi Arabia. International journal of Climatology, 17(3).
- 47- Alpert and Reisin , (1986), An early winter polar air mass penetration to the eastern Mediterranean, Mon.Wea .Rev., vol.15,No.7,
- 48- Ben-Gai, T., Bitan, A., Manes, A., Alpert, P., & Rubin, S. (1998). Spatial and temporal changes in rainfall frequency distribution patterns in Israel. Theoretical and Applied Climatology, 61(3),.
- 49- Berger, a.,Goossens,h., (1983) . persistence of wet and dry spells at uccle (belgiun) climatolo ,
- 50- Byun, H. R., & Wilhite, D. A. (1999). Objective quantification of drought severity and duration. Journal of Climate,.

شناسایی پرندگان و گیاهان پارک ملی مند در استان بوشهر در خلیج فارس در بهار ۱۳۹۴

بهروز بهروزی راد

دانشیار، دکتری منابع طبیعی، واحد علوم تحقیقات
bbehrouzirad@yahoo.com

چکیده

چهار جزیره خان، تهمادون، نخیلو و ام الکرم، در محدوده پارک ملی مند در استان بوشهر در خلیج فارس قرار دارند. در بررسی پرندگان این ۴ جزیره توسط تلسکوپ ۶۰×۱۵ مدل SWIFT و دوربین دو چشمی ۴۰×۱۰ زایس، ۳۴ گونه پرنده شناسایی شد. ۱۱ گونه خشکی زی، ۹ گونه آبی و ۱۲ گونه کنار آبی بودند. ۹ گونه آن ها در جزایر پارک ملی مند (۶ گونه آبی و ۳ گونه کنار آبی) جوجه آوری داشتند. بیشترین جمعیت جوجه آور از گونه های آبی پرستو دریایی پشت دودی *Sterna anaethetus* با میانگین ۱۵۰۰۰ جفت و کم ترین آن سلیم شنی با یک جفت بود. از پرندگان کنار آبی بیشترین جمعیت جوجه آور سلیم خرچنگ خوار *Dromas ardeola* ۱۵۰۰ جفت بود. جمعیت جوجه آوران جزایر از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ بیش ۶۰ درصد کاهش نشان می دهد. این کاهش در جمعیت جوجه آوران هر سه جزیره، نخیلو، ام الکرم و خان مشاهده شد. ۲۰ گونه گیاه در سطح جزایر شناسایی شد که پوشش گیاهی غالب آن ها آترپلکس بود. این گونه بیش از ۸۰ درصد جزایر نخیلو و ام الکرم را پوشانده بود

کلمات کلیدی: پرندگان جوجه آور، جزایر پارک ملی مند، خلیج فارس

۱-مقدمه

در آب های ساحلی غرب پارک ملی مند، چهار جزیره بنام های ام الکرم، نخیلو، ام سیله (خان) و جبرین (تهمادون) قرار دارد شکل (۱). بزرگ ترین آن ها خان (ام سیله) با مساحتی در حدود ۱۰۰۰ هکتار و کوچک ترین آن ها نیز جزیره نخیلو با مساحت ۳۵ هکتار می باشد (بهروزی راد، ۱۳۸۷ a و ۱۳۸۷ b). آب و هوای این جزایر گرم و مرطوب است، میانگین دمای سالیانه طی سال های آماری ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۴ برابر با ۲۶ درجه سانتی گراد، میانگین حداکثر دمای سالیانه ۳۲ درجه سانتی گراد و حداقل دمای سالیانه (دی ماه) ۱۶ درجه سانتی گراد است. میانگین رطوبت نسبی ۶۲ درصد، مرطوب ترین ماه (مرداد ماه) ۶۷٪ و خشک ترین ماه با رطوبت نسبی ۵۵٪ و مربوط به خرداد ماه است. متوسط بارش سالیانه معادل ۲۲۰ میلی متر و بیشترین بارندگی در آذرماه ۸۴ میلی متر است (سایت هواشناسی بوشهر). تمام جزایر فاقد سکنه بوده و تقریباً هیچ گونه عارضه قابل توجه انسان ساخت در آن ها وجود ندارد. آب شیرین ندارند. پرندگان از مهم ترین زیستمندان این جزایر هستند. به واسطه بافت مناسب خاک، پوشش گیاهی انبوه، غنی بودن آب های اطراف از مواد غذایی و عدم وجود دشمنان طبیعی، این جزایر محیط امن و مناسبی برای زمستان گذرانی، جوجه آوری پرندگان مهاجر آبی هستند.



شکل ۱- جزایر پارک ملی مند منبع (سازمان حفاظت محیط زیست)

۲- روش مطالعه

۱-۲- مطالعه کتابخانه‌ای

ابتدا اطلاعات موجود در کتابخانه‌ها، مؤسسات مرتبط، اینترنت و اطلاعات موجود در WI، کنوانسیون رامسر، WWF، IUCN، Bird life international و گزارش‌های موجود جمع‌آوری و مطالعه شد و از بخش‌هایی که مربوط به پرندگان جزایر پارک ملی مند بود، استفاده شد.

۲-۲- مطالعه در عرصه

با پیمایش در جزایر در فصل بهار از اردیبهشت تا تیرماه هرماه ۵ روز فون پرندگان توسط تلسکوپ 60×15 و دوربین دوچشمی 40×10 زایس مشاهده و شناسایی گردیدند. پرندگان جوجه آور نیز به روش مشاهده مستقیم آشیانه‌ها شناسایی و آشیانه‌ها شمارش شدند. تعداد هر آشیانه در ۲ ضرب، تا جمعیت جوجه آور به دست آمد. پوشش گیاهی با مشاهده مستقیم گونه‌ها در جزایر شناسایی شدند.

۳- نتایج

۱-۳- پرندگان

فهرست پرندگان شناسایی شده در جزایر پارک ملی مند در جدول (۱) نشان داده شده است. پرندگان این جزایر به ۴ گروه عمده طبقه‌بندی شدند:

الف- پرندگان مهاجر عبوری

عمدتاً از خانواده Scolopaciidae و Charadriidae بودند. به صورت مهاجر عبوری در جزایر دیده می‌شدند و از جزایر به عنوان گذرگاه استفاده می‌کردند.

ب- پرندگان مهاجر جوجه آور

این گروه از پرندگان در بهار به منطقه وارد شدند، و در ۳ جزیره نخیلو، ام اکرم و خان که از نظر امنیت مشکلی ندارند، زادآوری کرده و پس از ازدیاد نسل به همراه نسل جدید حداکثر در اواخر مردادماه منطقه را ترک کردند. جوجه آوری پرستوهای

دریایی در این سه جزایر از سال ۱۹۷۰ گزارش شده است (Scott, 2007 and 2008) گونه‌های متعلق به سه خانواده Ardeidae, Sternidae و Dromadidae مهاجران جوجه آور جزایر هستند (بهروزی راد، ۱۳۸۷a). در جزیره تهمادن گونه جوجه آور وجود نداشت. چون به خشکی بسیار نزدیک است و در زمان جزر به خشکی متصل می‌شود و شکارچسانی مثل شغال *canis aureus* وارد جزیره می‌شوند و به پرندگان جوجه آور آسیب می‌رسانند. پرستودریایی پشت دودی بیشترین جمعیت جوجه آور جزیره نخیلو و جزیره ام الکرم را تشکیل داده بود. جمعیت آن در سال ۱۳۹۴ حدود ۱۵۰۰۰ جفت برآورد شد. این گونه از سال ۱۳۸۲ تاکنون در این جزایر جوجه آوری می‌کند (Scott, 2007; Behrouzi-Rad, 2014). اشکال (۲ و ۳) جمعیت جوجه آور آن را در جزیره نخیلو و ام الکرم نشان می‌دهند. جمعیت جوجه آور پرستودریایی کاکلی کوچک ۱۲۰۰۰ جفت برآورد شد. تغییرات جمعیت جوجه آور آن در جزیره نخیلو در شکل (۴) نشان داده شده است (Behrouzi-Rad, 2013 and 2014) گونه دیگر مهم جوجه آور جزایر نخیلو و ام الکرم سلیم خرچنگ‌خوار *Dromas ardeola* بود (Scott, 2007 and 2008). جمعیت جوجه آور این گونه در این جزایر بین ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ جفت متغیر است (Behrouzi-Rad, 2013 and 2014). سلیم خرچنگ‌خوار علاوه بر جزایر پارک ملی مند، در جزایر خورموسی (جزیره دارا و جزیره قبرناخدا) نیز جوجه آوری می‌کن (بهروزی راد، ۱۳۸۷a). جمعیت جوجه آور آن در جزایر خورموسی بیش از ۱۰۰۰۰ جفت برآورد شده و مجموع جمعیت جوجه این گونه در خلیج فارس بیش از ۳۰ درصد جمعیت جوجه آور جهانی این گونه را تشکیل می‌دهند شکل (۵) جمعیت جوجه آور سلیم خرچنگ‌خوار را در جزیره ام الکرم نشان می‌دهد (بهروزی راد، ۱۳۸۷a و ۱۳۸۷b؛ Scott, 2007 and 2008). جوجه آوری سلیم شنی در سال ۱۳۸۹ برای اولین بار از جزیره نخیلو گزارش شده است (Behrouzi-Rad, 2014). تنها یک جفت از این گون در جزیره نخیلو در سال ۱۳۸۹ جوجه آوری کرده بود.

جدول ۱- پرندگان جزایر پارک ملی مند

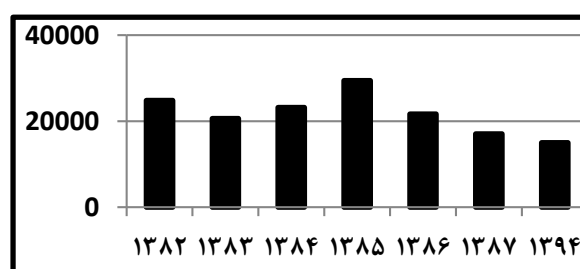
ام الکرم	نخیلو	خان	تهمادن
چ	چ	چ	چ
چ	چ	چ	چ
چ	چ	چ	چ
چ	چ		
	چ	چ	
چ	چ	چ	چ
	ز	ز	
ز	ز	ز	ز
	ز	ز	
چ	چ	چ	چ
م-ع			
م-ع		م-ع	م-ع
م-ع	م-ع		
م-ع	م-ع	م-ع	م-ع
م-ع		م-ع	
م-ع	م-ع	م-ع	
م-ع	م-ع	م-ع	
م-ع	م-ع	م-ع	
م-ع	م-ع	م-ع	
م-ع	م-ع	م-ع	
م-ع	م-ع	م-ع	م-ع
م-ع	م-ع		
م-ع	م-ع	م-ع	م-ع
خ-ع	خ-ع	خ-ع	

			خ-ع	
			خ-ع	
خ-ع		خ-ع	خ-ع	
			خ-ع	
			خ-ع	
خ-ع		خ	خ-ع	
خ-ع			خ-ع	
خ			خ-ع	
خ-ع			خ-ع	
خ-ع			خ-ع	

ج= جوجه آور، ز= زمستان گذران، م=ع= مهاجر عبوری، خ=ع= خشکی زی- عبوری

جدول ۲- پرندگان جوجه آور جزایر ۴ گانه

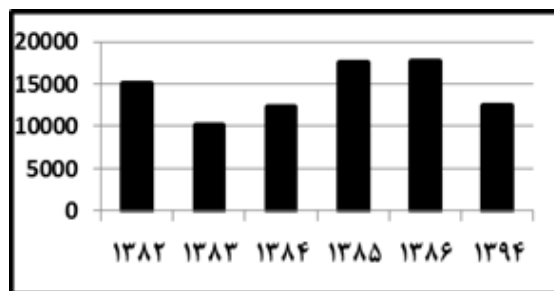
نام فارسی	نام علمی	ام	ز	خ
پرستوی دریایی کاکلی بزرگ	Thalasseus bergi	+	+	+
پرستوی دریایی پشت دودی	S.anaethetus	+	+	
پرستوی دریایی کاکلی	T.bengalensis	+	+	+
پرستوی دریایی کوچک	S.albifrons	+	+	
پرستوی دریایی خزر	S.caspia			+
پرستوی دریایی گونه سفید	S.repressa	+	+	+
سلیم خرچنگ خوار	Dromas ardeola		+	
اگرت ساحلی	Egretta gularis	+	+	+
سلیم شنی کوچک	Charadrius mongolus	+		



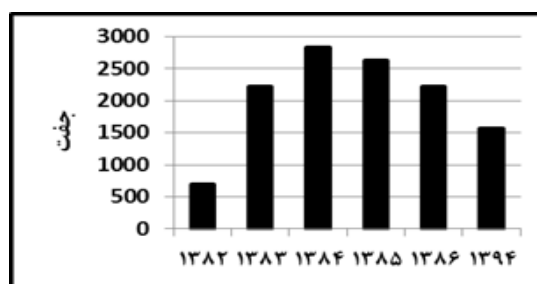
شکل ۲- جمعیت جوجه آور پرستوی دریایی پشت دودی در جزیره نخیل



شکل ۳- جمعیت پرستوی دریایی کاکلی کوچک جوجه آور در جزیره نخیل

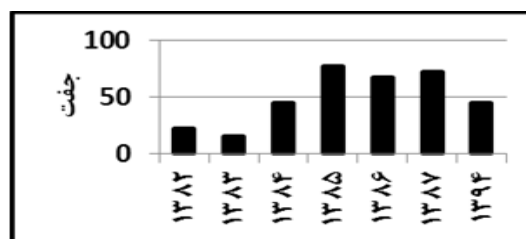


شکل ۴- جمعیت جوجه آوری پرستودریایی کاکلی کوچک در جزیره نخیلو



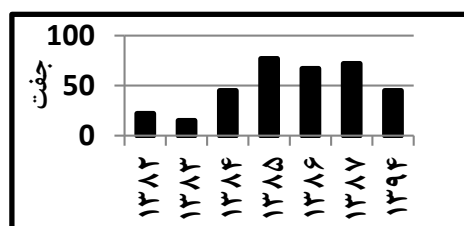
شکل ۵: جمعیت جوجه آوری سلیم خرچنگ خوار در جزیره ام الکرم

پرستودریایی گونه سفید از دیگر گونه های جوجه آوری جزایر نخیلو است. شکل (۶) جمعیت جوجه آوری آن را نشان می دهد.



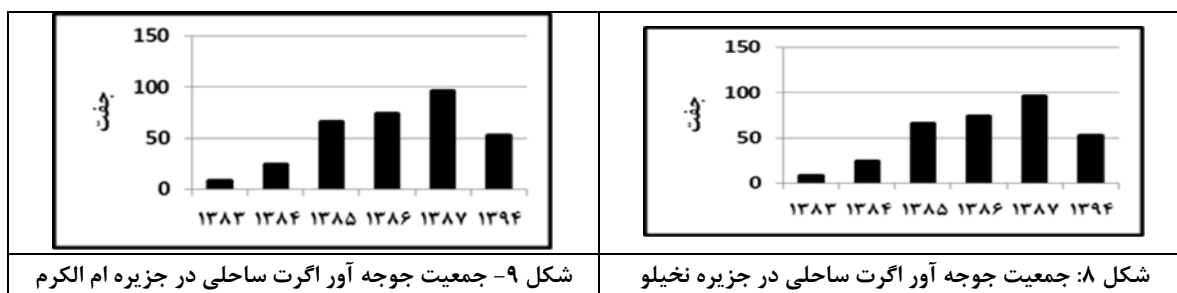
شکل ۶- جمعیت جوجه آوری پرستودریایی گونه سفید در جزیره نخیلو

پرستودریایی کاکلی بزرگ از گونه های کم جمعیت جوجه آوری این جزایر می باشد، که با کلنی جوجه آوری پرستودریایی کاکلی کوچک به صورت مخلوط در یک کلنی جوجه آوری می کند (Scott, 2007; Behrouzi-Rad, 2014). شکل ۷ جمعیت جوجه آوری آن را در جزیره نخیلو نشان می دهد.

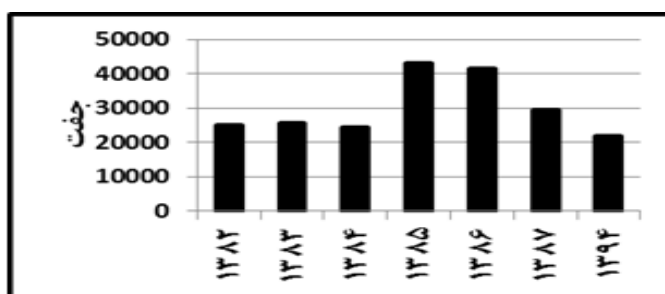


شکل ۷: جمعیت جوجه آوری پرستودریایی کاکلی بزرگ در جزیره نخیلو

اگر ساحلی از گونه های دیگر جوجه آوری جزایر خان، نخیلو و ام الکرم بود. اشکال ۸ و ۹ جمعیت جوجه آوری آن را در جزیره نخیلو و ام الکرم نشان می دهد.



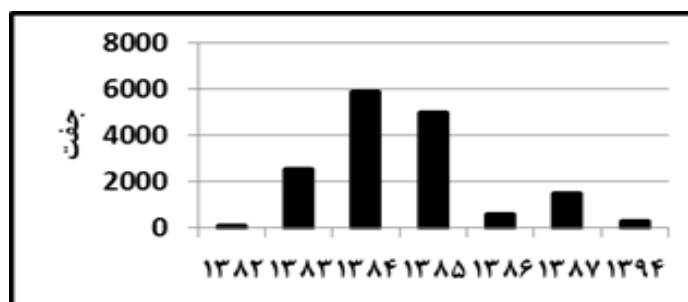
به طور کلی تغییرات جمعیت پرندگان جوجه آور در جزیره نخیلو در شکل (۱۰) نشان داده شده است.



شکل ۱۰- جمعیت پرندگان جوجه آور در جزیره نخیلو

بیشترین پرندگان بر روی جزایر نخیلو و ام الکرم جوجه آوری داشتند. جمعیت جوجه آوران در سال ۱۳۸۴، ۶۰۰۰ جفت و

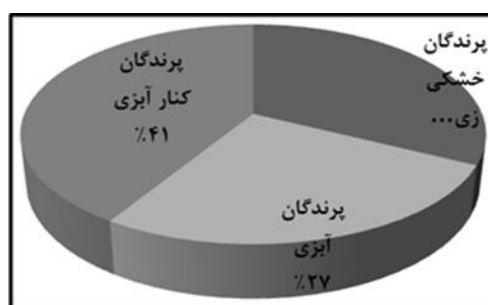
در سال ۱۳۹۴ حدود ۱۰۰ جفت بود شکل (۱۱).



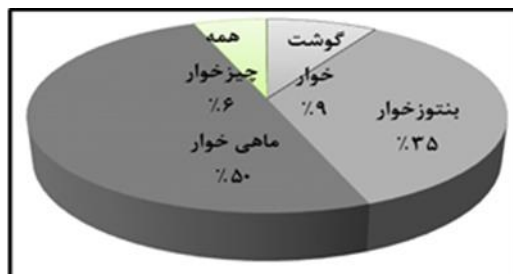
شکل ۱۱- جمعیت پرندگان جوجه آور جزیره خان

پ- پرندگان مهاجر زمستان گذران

تعدادی از پرندگان در فصل زمستان در آب‌های سواحل این جزایر مشاهده می‌شوند (اسکات و همکاران، ۱۳۵۲). گونه *Phoenicoterus ruber* نمونه بارز این گروه است. جمعیت پرندگان زمستان گذران بسیار کمتر از جمعیت جوجه آوران است. بسیاری از زمستان گذران ها مدت زیادی در جزایر اطراق نمی‌کنند و معمولاً بین جزایر و سواحل خلیج فارس تردد می‌کنند (بهروزی راد، ۱۳۸۷b و ۱۳۸۷c). دلیل آن امنیت و مواد غذایی است. هر وقت در سواحل ناامنی به وجود آید، زمستان گذران ها به جزایر پناه می‌برند، ولی به دلیل شیب تند سواحل جزایر و عدم مناسب بودن شیب و عمق سواحل جزایر برای تغذیه از بستر، مجدداً به سواحل سرزمین اصلی برمی‌گردند که شیب و عمق کمی دارند و بنتوزخواران به راحتی در آن‌ها از کف زیان بزرگ تغذیه می‌کنند. در مجموع شرایط زیستی جزایر برای پرندگان جوجه آور مناسب‌تر است و به همین دلیل در ۴ فصل سال، پرندگان در جزایر دیده می‌شوند، ولی جمعیت آن‌ها برحسب فصل متغیر است. درصد فراوانی پرندگان جزایر از نظر رژیم غذایی در شکل (۱۲) و از نظر زیستگاه در شکل (۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۱۲- درصد فراوانی پرندگان جزایر از نظر رژیم غذایی



شکل ۱۳: درصد فراوانی پرندگان جزایر از نظر زیستگاه

ت- پرندگان خشکی زی

این پرندگان در جزیره ام‌الگرم و تهمادون بیشتر دیده می‌شوند که به دلیل نزدیکی آن‌ها به خشکی است و پرندگان از ساحل به این جزایر رفت آمد دارند (جدول ۱). گونه‌های چاکوک‌کالی *Galerida cristata* و کبوتر چاهی *Columba livia* از مهم‌ترین آن‌ها است که به جزایر رفت‌وآمد دارند.

۳-۲- گیاهان جزایر پارک ملی مند

سه تیپ گیاهی در جزیره ام‌الکرم وجود داشت:

الف- تیپ *Ephedra + Cyperus* می‌باشد. این تیپ در بخش جنوبی جزیره متراکم بود.

ب- تیپ گیاهی شمال جزیره متشکل از *Ephedra + Atriplex* بود.

پ- تیپ خالص *Salicornia strobilaceum* در بخش مرکزی جزیره رویش داشت.

در جزیره نخیلو ۶ تیپ گیاهی اصلی وجود داشت:

تیپ اول که بخش مرکزی جزیره را در بر گرفته است، متراکم‌ترین و بزرگ‌ترین جامعه جزیره را از نظر مساحت تشکیل می‌دهد شامل جامعه خالص *Salicornia strobilaceum* می‌باشد.

تیپ دوم در بخش شمالی جزیره دیده می‌شود که شامل *Salicornia strobilaceum + Limonium sp* می‌باشد.

تیپ سوم *Ephedra foliolata*: این جامعه تنها در این جزیره دیده می‌شود. گونه‌های همراه این جامعه *Cyperus sp* و *Atriplex sp* است.

تیپ چهارم تیپ پوششی ماسه‌های ساحلی شامل *Cyperus conglomeratus + Halopyrum mucronatum* است. این تیپ به صورت نوار باریک دورتادور جزیره را در بر گرفته است. علاوه بر این تعدادی پایه *Lycium sp* به صورت تصادفی در برخی از قسمت‌های این جامعه دیده می‌شود. همچنین بوته‌های بسیار بزرگ *Suaeda vermiculata* نقش‌نمایی در پوشش این نوار ساحلی دارد.

تیپ پنجم تیپ پوششی *Arthrocnemum macrostachyum* بود. این تیپ بخش وسیعی از جزیره را با تراکم زیاد اشغال کرده بود. رویشگاه این تیپ پوششی دارای رطوبت زیاد ناشی از ورود آب از دریا به درون جزیره می‌باشد. از گونه‌های همراه این تیپ می‌توان *Cistanche sp* را نام برد.

تیپ ششم پوشش گیاهی *Salicornia strobilaceum + Limonium sp* به همراه گونه *Ephedra foliolata* بود. این تیپ پوششی تنها در جزیره نخیلو دیده شد در سایر جزایر به صورت تک بوته مشاهده می‌شد... شکل (۱۴) نمایی از پوشش گیاهی جزیره

ام الکرم را نشان می‌دهد. گونه‌های گیاهی جدول (۲) در هر ۴ جزیره رویش داشتند ولی برحسب ساختار خاک و سایر شرایط رویشی تراکم و تنوع آن‌ها در جزایر متفاوت بود. بخش وسیع جزیره تهمادون از شن پوشیده شده و در زمان مد بزرگ در اردیبهشت‌ماه بخش وسیعی از آن به زیر آب می‌رود.



شکل ۱۴- نمایی از پوشش گیاهی جزیره ام الکرم

جدول ۳- فهرست گونه‌های شاخص گیاهی شناسایی شده در جزایر پارک ملی مند

نام گونه	نام تیره
<i>Heliotropium bacciferum.</i>	Boraginaceae
<i>Tamarix leptopetala</i>	Tamaricaceae
<i>Arthrocnemum macrastachyum</i>	Chenopodiaceae
<i>Atriplex leucoclada.</i>	Chenopodiaceae
<i>Chenopodium murale</i>	Chenopodiaceae
<i>Cornulaca aucheri</i>	Chenopodiaceae
<i>Suaeda vermiculata</i>	Chenopodiaceae
<i>Ephedra foliolata</i>	Ephedraceae
<i>Limonium iranicum.</i>	plumbaginaceae
<i>Trigonella uncata</i>	Fabaceae
<i>Lotus halophylus</i>	Fabaceae
<i>Cyperus conglomerates</i>	Cyperaceae
<i>Rumex cyprius Murb</i>	Polygonaceae
<i>Lycium edgeworthii</i>	Solanaceae
<i>Scrophularia sp</i>	Scrophullariaceae
<i>Senecio vulgaris</i>	Asteraceae
<i>Cistanche tubulosa</i>	Orobabchaceae
<i>Bromus japonicus.</i>	Poaceae
<i>Halopyrum mucronatum.</i>	Poaceae
<i>Stipa capensis.</i>	Poaceae

۴- نتیجه‌گیری

اطلاعات به‌دست‌آمده نشان داد، پرستودریایی پشت دودی *Sterna anaethetus* در بخش‌های پوشیده از گیاه جزایر نخیلو و ام الکرم جوجه آوری می‌کند، چون این‌گونه آشیانه را در زیر بوته‌های گیاهی می‌سازد. گونه غالب گیاهی این جزایر آترپیلکس بود. پرستودریایی پشت دودی در زیر سایه آن‌ها آشیانه ساخته بود. در زیر سایه بوته‌های بزرگ آترپیلکس تا ۵ آشیانه نیز شمارش شد. گاهی قطر تاج پوشش آترپیلکس به بیش از ۲ متر می‌رسد. در جزیره خان این‌گونه گیاهی به‌صورت انبوه و بزرگ وجود ندارد بنابراین پرستودریایی پشت دودی نیز در جزیره خان زادآوری نداشت، در برخی از سال‌ها به تعداد کم جوجه آوری در زیر بوته‌های کوچک سایر گیاهان جوجه آوری می‌کند. از گونه‌های دیگر جوجه آور جزیره نخیلو پرستودریایی کاکلی بزرگ و کوچک بود که بر روی تپه‌های کوچک شنی آشیانه ساخته بودند. آشیانه این‌گونه‌ها بسیار مختصر بوده و از مواد خاصی استفاده نمی‌کنند بلکه به‌صورت گودالی بسیار کم‌عمق هستند که با سینه پرنده ایجاد می‌شود. پرستودریایی کاکلی کوچک به‌صورت کلنی فشرده آشیانه می‌سازد که در تأمین امنیت تخم‌ها بسیار مؤثر است. جمعیت جوجه آور پرستودریایی کاکلی کوچک *Thalasseus bengalensis* بیشتر از جمعیت جوجه آور پرستودریایی کاکلی بزرگ *Thalasseus bergii* بود. این دو گونه در کلنی‌های مخلوط آشیانه سازی و جوجه آوری کرده بودند. از گونه‌های دیگر جوجه آور جزایر ۴ گانه پرستودریایی گونه‌سفید *Sterna*

repressa بود که در ساحل ریگزار جزایر بر روی صدف‌های دوکفه‌ای آشیانه سازی کرده بود. جمعیت آن اندک و در جزایر دارای کلبه‌های کوچک بود. برای ساختن آشیانه از صدف‌های دوکفه‌ای استفاده کرده بود، جمعیت جوجه آور گونه سلیم‌خرچنگ‌خوار *Dromas ardeola* در جزیره ام‌الکرم ۱۵۰۰ جفت برآورد شد. این گونه در زیرزمین در حفره‌هایی که حدود یک متر طول دارند و به‌وسیله پرندۀ نر و ماده حفر می‌شوند، تخم‌گذاری می‌کند. برای پایداری آشیانه در ساختار شنی خاک جزایر وجود پوشش گیاهی در سطح خاک ضروری است. سطح این جزیره نیز پوشیده از آترپیلکس است. به همین دلیل سلیم‌خرچنگ‌خوار در زیر ریشه‌های این گیاهان آشیانه حفر می‌کند. سلیم‌خرچنگ‌خوار تنها گونه از گروه Waders است که در زیرزمین به‌صورت تونل به عمق ۱ تا ۱/۵ متر آشیانه حفر می‌کند. از گونه‌های دیگر جوجه آور جزایر خان، ام‌الکرم و نخیلو اگرگ ساحلی *Egretta gularis* بود، که آشیانه‌ها را بر روی بوته‌های بلند آترپیلکس ساخته بود. آشیانه‌های این گونه بر روی شاخه‌های خشک حمل شده به‌وسیله جزر و مد به جزیره ساخته‌شده بود. بر روی تپه‌های شنی جزیره خان ۵ جفت پرستودریایی خزر *Sterna capica* نیز جوجه آوری کرده بود که زادآوری آن برای اولین بار از این جزیره گزارش می‌شود. پرستوهای دریایی رفتارهای زادآوری در گروه‌های بزرگ رادارد. این گونه‌ها در اکثر جزایر خلیج فارس که جوجه آوری دارند نظیر جزیره شیدور، بنی فارو، ام‌الکرم، نخیلو نیز به‌صورت گروه‌های بزرگ زادآوری می‌کنند (بهروزی راد، ۱۳۸۷؛ Scott, 2007 and 2008). اسکات در سال ۲۰۰۷ جمعیت جوجه آوری پرستوهای دریایی را در جزایر پارک ملی مند ۱۵۰۰۰ جفت گزارش کرده است. پرستوهای دریایی در جزایر خلیج فارس که دارای ساختار خاک شنی در حواشی و سواحل و با پوشش گیاهی انبوه در میانه جزایر باشد، زادآوری می‌کنند. در سال ۱۹۹۴ این جزایر به‌عنوان مناطق مهم پرندگان خاورمیانه معرفی شده‌اند (Scott, 2007; Evans, 1994; Behrouzi-Rad, 2013 and 2014). در سال ۱۳۸۷ جزایر ۴ گانه مند به عنوان زیستگاه‌های حساس پرندگان آبی خلیج فارس معرفی شده است (بهروزی راد، ۱۳۸۷). علی رغم قرار گرفتن جزایر در درون پارک ملی مند، بر روی جزیره ام‌الکرم کومه‌هایی صیادان ساخته شده و جزیره نخیلو محل استراحت صیادان شده و این رفت آمد ها به جمعیت جوجه آور پرندگان آسیب جدی می‌رساند شاید به همین دلیل است که جمعیت جوجه آوران در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۸۵، ۶۰ درصد کاهش نشان می‌دهند. با توجه به این ساختار بوم‌سازگان جزایر و کوچک بودن وسعت آن‌ها و ساختار جامعه پرندگان و گیاهان در جزایر، بهترین روش مدیریتی جزایر، مدیریت بوم‌سازگانی، با نگرش جذب گردشگر می‌باشد، تا هم جزایر حفظ شوند و هم مردم با دیدن مناظر زیبای جزایر خلیج فارس به اهمیت جزایر در حفاظت از محیط‌زیست زادآوری پرندگان و جوامع گیاهی نادر آشنا شوند و هم بدون تخریب از مواهب خدادادی مند شوند.

منابع

- ۱- اسکات، درک، ادهمی، علی، مروج همدانی، م. (۱۳۵۲)، پرندگان ایران، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست. ۴۵۰ صفحه.
- ۲- بهروزی راد، بهروز، (۱۳۸۷)، زیستگاه‌های حساس پرندگان آبی خلیج فارس، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۷. ۳۴۳ صفحه
- ۳- بهروزی راد، بهروز، (۱۳۸۷b)، فرهنگ پرندگان آبی خلیج فارس و دریای عمان، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۵۶ صفحه.
- ۴- بهروزی راد، بهروز، (۱۳۸۷c)، تالاب‌های ایران، انتشارات ارتش جمهوری اسلامی ایران. ۷۸۰ صفحه
- ۵- سایت اینترنتی هواشناسی استان بوشهر.
- 6- Behrouz-Rad, B. (2013). Birds Observation and Nest Count of Crab Plover *Dromas ardeola*, Western Reef Heron *Egretta gularis* and four Tern species on Ghaber Nakhoda Island (Persian Gulf) in 2003 and 2012, International Journal of Marine Science, 3(42), 344-351.
- 7- Behrouz-Rad, B. (2014). Breeding Population of Birds on Banifaror Island in the Persian Gulf, Journal of Coastal Development, No.1:1-12. <http://dx.doi.org/10.4172/1410-5217.1000384>.
- 8- Evas, M. I. (1994). Important Bird Areas in the Middle East, Birdlife International, U.K. pp. 65-158.
- 9- Scott, D.A. (2007). A Review of the Status of the Breeding Waterbirds in Iran in the 1970s. Podoces, 2(1):1-21
- 10- Scott, D.A (2008). Rare birds in Iran in the late 1960s and 1970s. Podoces Vol 3, 1/2:1-30

مطالعات محیط زیست منابع طبیعی و توسعه پایدار

نشریه علمی-تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال دوم، شماره چهار، تابستان ۱۳۹۷، جلد یک
شاپا: ۴۲۵۵-۲۵۸۸

ENSD.ir