بررسی غلظت Cu، Pb، Zn و Mn در اندام هوایی گیاه درمنه (*Artemisia* sp.) در مراتع اطراف معدن مس دره زرشک، شهرستان تفت استان یزد

مهدیه دالوند[۱]، امیرحسین حمیدیان*[۲]، محمدعلی زارع چاهوکی[۳]، بابک متشرع زاده[۴]، سید علی اصغر میرجلیلی[۵] و عصمت اسماعیل زاده[۶]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۰۳/۰۱

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی غلظت فلزات سنگین مس، سرب، روی و منگنز در اندام هوایی دو گونهٔ درمنه کوهی (*Artemisia aucheri*) و درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) در مراتع اطراف معدن مس دره زرشک در شهرستان تفت استان یزد بود. به همین منظور منطقه مطالعاتی بر اساس عواملی مانند جهت باد غالب، حوزه آبخیز منطقه، فاصله از معدن و ... به ۱۰ بخش تفکیک و با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی، تعداد ۱۰ نمونه از هر منطقه برداشت شد. بعد از هضم اسیدی، غلظت فلزات مورد نظر با استفاده از دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری شد. برای مقایسه غلظت فلزات مورد نظر در مناطق مختلف تجزیه واریانس یکطرفه انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده میانگین غلظت فلزات مس، سرب، روی و منگنز در سطح منطقه به‌ترتیب شامل ۸/۳۴۵۴، ۵/۹۵۹۵، ۳۶/۶۷۴۵ و ۴۹/۸۲۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و بین غلظت فلزات در تمام مناطق اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین پس از مقایسه با مقادیر نرمال و بحرانی مشخص شد که غلظت‌های به دست آمده برای تمام فلزات در سطح منطقه در محدوده طبیعی برای گیاهان قرار دارند. لازم به ذکر است که غلظت فلز سرب در مناطق معدن و دامپ اندکی فراتر از حد نرمال قرار داشت که می‌تواند به علت بیشتر بودن فعالیت‌های حمل و نقل در این منطقه نسبت به سایر مناطق و قرار گرفتن در کنار جاده یزد- شیراز باشد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، مرتع، درمنه (*Artemisia sp.*)، معدن مس، دره زرشک.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
*: نویسنده مسئول: A.hamidian@ut.ac.ir
۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴- استادیار دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران
۵- کارشناس ارشد HSE، طرح معادن مس تفت، شرکت ملی صنایع مس ایران
۶- پژوهشگر محیط‌زیست، امور تحقیق و توسعه، مجتمع مس سرچشمه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]

مقدمه

آلودگی محیط‌زیست به‌وسیله فلزات سنگین از اوایل انقلاب صنعتی به‌طور غم انگیزی افزایش یافت که به علت آثار آن بر سلامتی موجودات زنده از اهمیت زیادی برخوردار است (۲ و ۱۱). فلزات کمیاب یکی از شناخته شده‌ترین آلاینده‌ها محسوب می‌شوند که بررسی‌های زیادی در مورد آنها صورت گرفته است. این فلزات توسط منابع مختلف تولید شده و ممکن است به غلظت‌های سمی فراتر از گستره معمول برسند. فلزات سنگین برای دوره‌های طولانی در خاک و زنجیره‌های غذایی تجمع پیدا کرده و این احتمال وجود دارد که بتوانند خطرات جدی را برای بوم‌سازگان‌ها و سلامت موجودات زنده ایجاد کنند (۸). فعالیت‌های معدن‌کاری یکی از منابع ورود فلزات سنگین به محیط است. زیرا ممکن است فرایند استخراج معادن منجر به تولید باطله‌های معدنی، پساب و انتشار گرد و خاک به محیط اطراف شود (۱۴).

افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک منجر به جذب و تجمع این فلزات در بخش‌های خوراکی گیاهان و در نتیجه ایجاد خطر برای سلامتی موجودات زنده می‌شود (۱۸). به این ترتیب که با جذب فلزات توسط گیاهان، سطوح غذایی بالاتر در بوم‌سازگان‌های خشکی در معرض فلزات کمیاب قرار می‌گیرند. جذب فلزات سنگین و تجمع توسط گیاهان عالی به مواردی از جمله ماهیت و نوع فلزات، عوامل خاک و ویژگی‌های خود گیاه بستگی دارد (۵). جذب فلزات سنگین از خاک‌های آلوده از طریق ریشه‌های گیاه یا از طریق فرونشست مستقیم آلاینده‌ها از اتمسفر روی سطوح گیاه صورت می‌گیرد (۱۸). بخش‌هایی از عناصر کمیاب که توسط ریشه جذب می‌شوند، می‌توانند در ریشه ذخیره شده و یا این که به سرعت به بخش‌های هوایی گیاه انتقال یافته و در آنجا ذخیره شوند (۱۵). افزایش غلظت فلزات سنگینی مانند سرب در گیاهان خوراکی می‌تواند منجر به ایجاد مشکلات جدی سلامتی شود. همچنین، اگر چه روی و مس عناصر ضروری هستند اما غلظت بیش از حد آنها در گیاهان خوراکی به علت قابلیت سمیت برای موجودات زنده یکی از نگرانی‌های عمده است (۱۸).

پژوهشگران بسیاری در مناطق مختلف جهان اثرات مخرب فعالیت‌های معدن‌کاری را در محیط زیست مورد بررسی قرار داده‌اند. پری‌زنگنه[1] و همکاران در سال ۲۰۱۰ غلظت و فراهمی فلزات سنگین را در خاک و پوشش گیاهی رشد یافته در مناطق آلوده مجتمع صنعتی روی زنجان در ایران مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق با هدف ارزیابی غلظت و فراهمی فلزات سنگین و تجمع این فلزات در گیاهان بومی که به طور طبیعی در نواحی آلوده رشد می‌کردند انجام شد. در مطالعه دیگری فرانکو هرناندز[2] و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی غلظت فلزات سنگین در گیاهان رشد یافته بر روی پسماندهای معدنی به شدت آلوده در مرکز مکزیک پرداختند. هدف از این مطالعه اندازه‌گیری غلظت فلزات در گیاهان و تعیین پتانسیل آن‌ها برای رویش مجدد روی خاک‌های آلوده به فلزات بود. راشد[3] (۲۰۱۰) وضعیت فلزات سنگین ناشی از باطله‌های معدنی را در خاک و برخی از گیاهان وحشی در جنوب شرقی مصر مورد مطالعه قرار داد. محمد[4] و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی غلظت فلزات سنگین را در خاک و گیاهان وحشی رشد یافته در اراضی اطراف معدن سرب-روی در شمال پاکستان بررسی کردند. از اهداف این تحقیق اندازه‌گیری عامل تجمع و شناسایی گونه‌های گیاهی بومی بیش تجمع‌دهنده در منطقه مورد مطالعه بود.

بهره‌برداری از معادن در بسیاری از موارد منجر به ورود آلاینده‌هایی از جمله فلزات سنگین به محیط اطراف می‌شود، این مسئله احتمالاً در مورد معدن مس دره زرشک نیز صادق خواهد بود. با در نظر گرفتن این موضوع، تحقیق حاضر با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین Cu، Pb، Zn و Mn در اندام هوایی دو گونه از گیاه درمنه با عنوان درمنه کوهی (*Artemisia aucheri*) و درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) در بخش‌های مختلف مراتع اطراف معدن مس دره زرشک انجام شده است. با استفاده از نتایج به دست آمده مشخص می‌شود که آیا مناطق مختلف اطراف معدن با فواصل و جهت‌گیری متفاوت

1- Parizanganeh
2 -Franco-Hernandez
3- Rashed
4- Muhammad

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]

نسبت به مکان احداث معدن و تأسیسات مربوطه، از نظر غلظت فلزات مختلف متفاوت هستند یا خیر. غلظت‌های به دست آمده برای فلزات مختلف نیز به تفکیک منطقه با مقادیر نرمال و بحرانی برای گیاهان مقایسه خواهد شد. در این مطالعه عامل جابجایی (TF)[1] برای گیاه درمنه محاسبه خواهد شد که بر اساس آن می‌توان به وضعیت این گیاه از نظر تجمع زیستی فلزات پی برد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه دره زرشک در فاصله ۶۰ کیلومتری جنوب غربی یزد و ۴۵ کیلومتری جنوب غربی تفت در مسیر جاده یزد- شیراز و فاصله ۱۰ کیلومتری معدن مس علی‌آباد واقع شده است. این منطقه در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). معدن مس دره زرشک در محل روستای دره زرشک و در ارتفاع ۲۴۰۰ متری از سطح دریا واقع شده و توسط ارتفاعات کوه کله کفترو با ارتفاع ۲۹۳۵ متر در غرب و کوه تمبه مرسوخته با ارتفاع ۲۷۰۰ متر در شرق احاطه شده است (شکل ۲). کانسار مس دره زرشک بر روی یکی از زون‌های تکتونیکی فعال ایران مرکزی و در حاشیه غربی گرانیت شیرکوه قرار دارد. این منطقه به‌دلیل قرار گرفتن در دامنه‌های شیرکوه از آب و هوایی به نسبت خنک در مقایسه با شهر یزد برخوردار است (۱۲).

نمونه برداری و تجزیه‌های آزمایشگاهی

نمونه‌برداری از گیاهان درمنه در فصل تابستان و با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی شده انجام شد. در راستای انجام این کار منطقه مطالعاتی بر اساس عواملی مانند جهت باد غالب، فاصله تا مکان احداث معدن و تأسیسات مربوطه، حوزه آبخیز، شرایط توپوگرافی و تغییرات پوشش‌گیاهی به ۱۰ بخش تقسیم شد. این بخش‌ها از بالادست به سمت پایین‌دست منطقه به ترتیب با عناوین زیر مشخص شدند: بالادست تغلیظ، کارخانه تغلیظ (فلوتاسیون)، دامپ باطله، معدن، روستای حسن‌آباد، کارخانه فروشویی (لیچینگ)، روستای بیشه، روستای دره‌گازه، دهستان دهشیر و سایت هفت. لازم به ذکر است که دو منطقه آخر در فاصله بیشتری نسبت به سایر مناطق قرار گرفته‌اند. سپس از هر یک از مناطق تعداد ۱۰ نمونه از گیاه درمنه (*Artemisia* sp.) که یکی از گیاهان غالب منطقه مطالعاتی است به روش تصادفی برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. درمنه در ۸ منطقه اول که دارای ارتفاع بیشتری هستند از نوع درمنه‌کوهی (*Artemisia aucheri*) و در دو منطقه دهشیر و سایت هفت از نوع درمنه‌دشتی (*Artemisia sieberi*) بود.

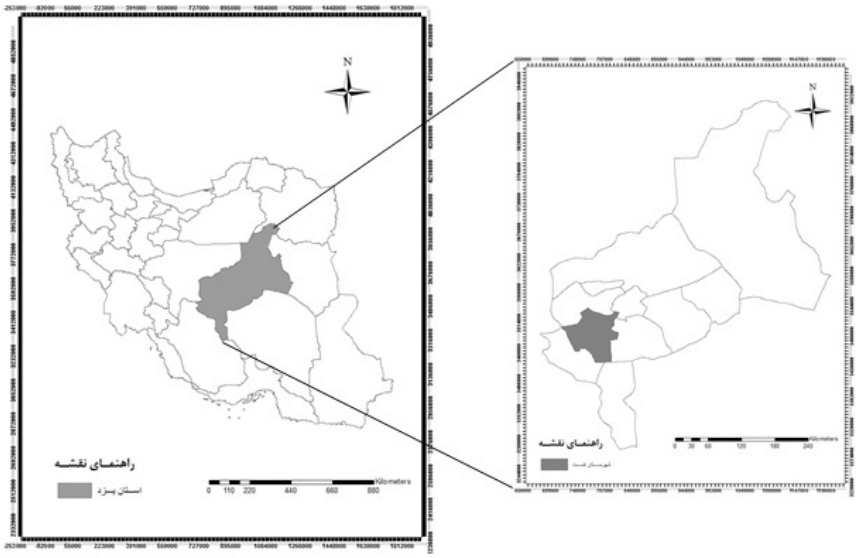
نمونه‌های مربوط به اندام هوایی درمنه پس از انتقال به آزمایشگاه با آب مقطر شسته شده تا ذرات گرد و خاک از آنها جدا شود. سپس برای به‌دست آوردن وزن خشک به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار گرفتند. در مرحله بعد نمونه‌های خشک شده برای مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۶۰ درجه سلسیوس در کوره قرار گرفتند. خاکستر به‌دست آمده از هر نمونه در ۱۰ میلی‌لیتر محلول تیزاب سلطانی (شامل ۲/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۷/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک) هضم شد. سپس محلول ایجاد شده به منظور تکمیل عملیات هضم خشک به مدت ۲ ساعت روی هات‌پلیت قرار گرفت. دمای هات‌پلیت ابتدا روی ۲۵ و به تدریج روی دماهای ۶۰، ۱۰۵ و ۱۲۰ درجه سلسیوس تنظیم شد. در مرحله‌ی بعد هر یک از نمونه‌ها توسط آب دیونیزه حاوی یک درصد اسید نیتریک به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت محلول ایجاد شده از صافی واتمن ۴۲ عبور داده شده و برای انجام مراحل بعد آماده گردید. در پایان تعیین مقدار عناصر مورد نظر در تمام نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ICP-OES[2] انجام گرفت (۴).

1 -Translocation Factor

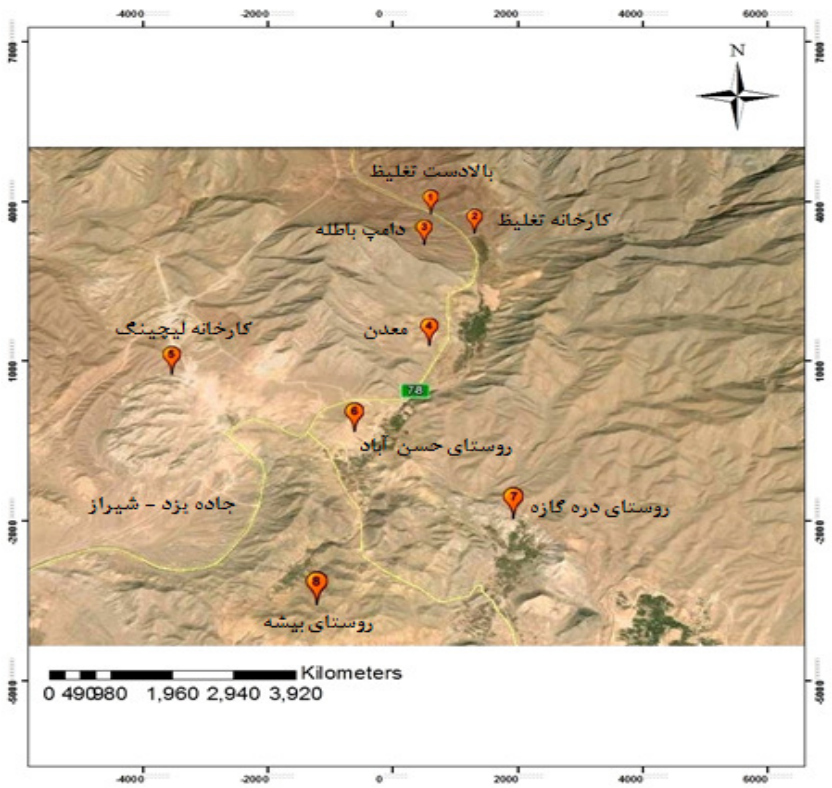
2- Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]



شکل ۱- موقعیت استان یزد و شهرستان تفت



شکل ۲- موقعیت مناطق نمونه‌برداری (دهستان دهشیر و منطقه سایت هفت به علت فاصله زیاد از محدوده معدن در نقشه مشخص نشده است)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]

تجزیه و تحلیل‌های آماری

برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 17 استفاده شد. به این ترتیب که به منظور بررسی وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین غلظت فلزات سنگین مورد نظر در مناطق مختلف تجزیه واریانس یکطرفه انجام شد. لازم به ذکر است که برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، برای بررسی همگن‌بودن واریانس‌ها از آزمون لیون و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد. به‌منظور مقایسه غلظت‌های به‌دست آمده با مقادیر نرمال آزمون تی با یک مقدار ثابت انجام شد.

نتایج

میانگین غلظت فلزات سنگین مختلف در اندام هوایی گیاه درمنه به تفکیک مناطق ده گانه و نیز میانگین کل مناطق ده گانه در جدول (۱) آمده است.

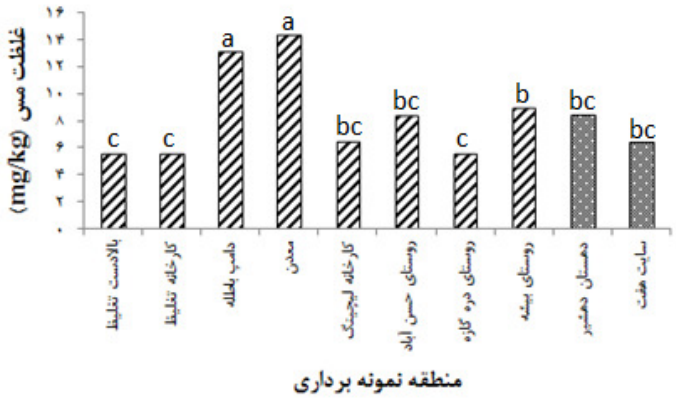
بر اساس جدول (۱) و شکل (۳)، اندام هوایی گیاهان درمنه در سایت معدن با ۱۴/۳۹۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پس از آن دامپ باطله با ۱۳/۱۷۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای بیشترین غلظت مس، و درمنه‌های روستای دره‌گازه با ۵/۵۸۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای کمترین غلظت می‌باشند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس بین غلظت مس در مناطق مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح ۵ درصد بین غلظت مس اندام هوایی درمنه‌ها در مناطق معدن و دامپ باطله اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، اما این مناطق با تمام مناطق دیگر دارای اختلاف معنی‌دار است. روستای بیشه با ۸/۹۶۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بعد از معدن و دامپ باطله دارای بیشترین غلظت مس بوده و با مناطق بالادست تغلیظ، کارخانه تغلیظ و روستای دره‌گازه دارای اختلاف معنی‌دار است.

مطابق جدول (۱) و شکل (۴)، بیشترین غلظت سرب در اندام هوایی درمنه‌های موجود در سایت معدن با میزان ۲۲/۹۲۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پس از آن دامپ باطله با ۱۹/۴۷۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت آن نیز در اندام هوایی درمنه‌های دهستان دهشیر با ۰/۶۰۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس بین غلظت سرب در مناطق مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح ۵ درصد مشخص شد که بین غلظت سرب اندام هوایی درمنه‌ها در مناطق معدن و دامپ باطله اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، اما این دو منطقه با تمام مناطق دیگر دارای اختلاف معنی‌دار است. بین سایر مناطق اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

همانطور که در جدول (۱) و شکل (۵) آمده است، اندام هوایی گیاهان درمنه کارخانه لیچینگ با ۷۴/۰۹۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای بیشترین غلظت روی بوده و اندام هوایی درمنه‌های مناطق معدن با ۵۱/۲۸۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و دامپ باطله با ۴۹/۸۵۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیز نسبت به سایر مناطق دارای غلظت بیشتری هستند. روستای دره‌گازه نیز با میزان ۱۵/۳۸۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای کمترین غلظت روی می‌باشد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس بین غلظت روی در مناطق مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با توجه به نتایج آزمون مقایسه میانگین توکی بین غلظت فلز روی اندام هوایی گیاهان درمنه مناطق لیچینگ، معدن و دامپ باطله در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، اما این مناطق با بیشتر مناطق دیگر دارای اختلاف معنی‌دار هستند. کارخانه لیچینگ با تمام مناطق دیگر دارای اختلاف معنی‌دار است. معدن و دامپ باطله نیز با مناطق تغلیظ، دره‌گازه، دهشیر و سایت هفت دارای اختلاف معنی‌دار است. روستای بیشه نیز با غلظت ۴۰/۶۳۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم با روستای دره‌گازه دارای اختلاف معنی‌دار است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]



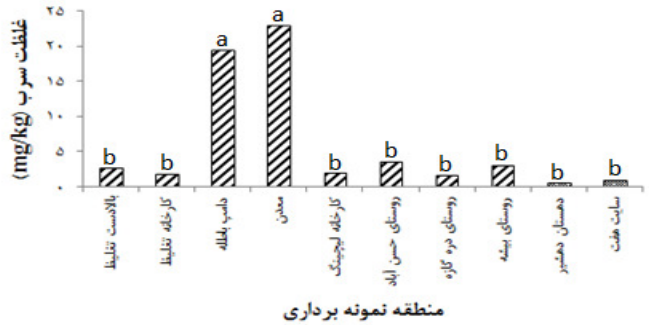
شکل ۳- نمودار تغییرات میانگین غلظت فلز مس در اندام هوایی *A.aucheri* و *A.sieberi* در مناطق ده گانه (ستون‌های هاشور زده مربوط به *A.aucheri* و ستون‌های تیره‌تر مربوط به *A.sieberi* می‌باشد). حروف لاتین نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی است.

جدول ۱- میانگین غلظت فلزات سنگین Cu، Pb، Zn و Mn در اندام هوایی *Artemisia* sp. (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

نام منطقه	مس (Cu)	سرب (Pb)	روی (Zn)	منگنز (Mn)
بالادست تغلیظ	۵/۶۶۸۴ ± ۰/۳۰۷۰۱	۲/۸۰۹۹ ± ۰/۳۷۳۰۰	۳۹/۸۸۳۸ ± ۶/۹۲۶۸۸	۴۳/۳۴۴۹ ± ۲/۵۰۹۹۵
کارخانه تغلیظ	۵/۶۷۴۶ ± ۰/۲۴۹۴۳	۱/۹۰۰۳ ± ۰/۱۴۹۱۳	۲۲/۵۱۹۵ ± ۱/۵۸۰۷۱	۶۳/۶۸۳۸ ± ۶/۸۱۶۵۰
دامپ باطله	۱۳/۱۷۵۲ ± ۱/۱۷۵۸۰	۱۹/۴۷۶۳ ± ۲/۷۲۱۲۳	۴۹/۸۵۳۷ ± ۳/۵۲۸۹۰	۸۴/۷۲۸۴ ± ۸/۵۱۱۰۶
معدن	۱۴/۳۹۷۶ ± ۱/۱۲۴۵۸	۲۲/۹۲۵۹ ± ۲/۰۵۰۸۸	۵۱/۲۸۰۱ ± ۳/۹۲۶۹۷	۷۲/۵۵۱۳ ± ۶/۰۹۷۷۷
کارخانه لیچینگ	۶/۵۲۴۰ ± ۰/۲۶۳۵۰	۲/۲۲۲۸ ± ۰/۱۰۲۰۹	۷۴/۰۹۴۲ ± ۱۲/۲۸۲۰۶	۴۳/۰۵۱۸ ± ۳/۱۶۶۲۳
روستای حسن‌آباد	۸/۴۲۲۱ ± ۰/۴۱۹۲۶	۳/۷۵۰۹ ± ۰/۲۵۳۲۲	۲۹/۷۵۹۷ ± ۳/۱۱۵۰۷	۳۳/۷۰۳۵ ± ۱/۹۲۵۳۱
روستای دره‌گازه	۵/۵۸۱۷ ± ۰/۳۲۷۶۸	۱/۷۰۴۳ ± ۰/۱۳۷۶۷	۱۵/۳۸۲۴ ± ۱/۴۳۵۱۵	۲۹/۸۵۱۰ ± ۱/۵۹۵۰۷
روستای بیشه	۸/۹۶۱۱ ± ۰/۷۰۶۰۰	۳/۱۳۷۸ ± ۰/۲۴۶۲۲	۴۰/۶۳۳۲ ± ۶/۰۶۰۶۹	۴۹/۳۷۰۱ ± ۴/۴۸۴۶۵
دهستان دهشیر	۸/۵۵۱۹ ± ۰/۶۵۱۴۶	۰/۶۰۰۳ ± ۰/۲۰۸۴۱	۲۱/۶۰۹۴ ± ۱/۸۶۳۶۱	۳۶/۷۵۳۶ ± ۱/۹۲۷۲۵
سایت هفت	۶/۴۹۷۵ ± ۰/۶۵۸۱۲	۱/۰۶۶۸ ± ۰/۲۷۷۴۴	۲۱/۷۲۸۷ ± ۲/۸۹۵۳۳	۴۱/۱۹۸۷ ± ۴/۳۷۲۲۸
کل مناطق ده گانه	۸/۳۴۵۴ ± ۰/۳۶۱۹۰	۵/۹۵۹۵ ± ۰/۸۴۲۶۵	۳۶/۶۷۴۵ ± ۲/۳۷۲۲۰	۴۹/۸۲۳۷ ± ۲/۲۲۷۸۰

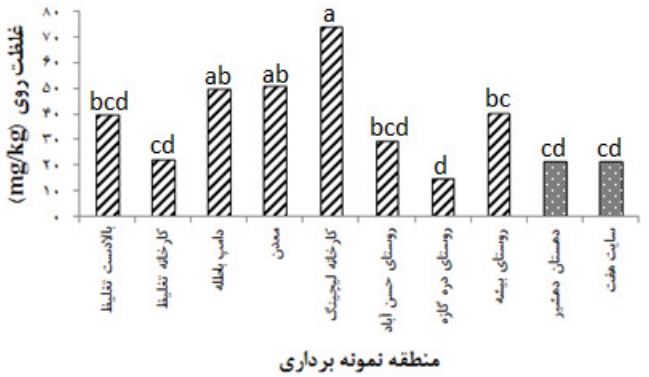
با توجه به جدول (۱) و شکل (۶)، بیشترین غلظت منگنز در اندام هوایی گیاهان دامپ باطله با میزان ۸۴/۷۲۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پس از آن معدن با ۷۲/۵۵۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کارخانه تغلیظ با ۶۳/۶۸۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. کمترین غلظت منگنز نیز در اندام هوایی درمنه‌های روستای دره‌گازه با میزان ۲۹/۸۵۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم دیده شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس بین غلظت منگنز درمنه‌های مناطق مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با توجه به نتایج آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح ۵ درصد بین مناطق دامپ باطله، معدن و کارخانه تغلیظ اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، اما این مناطق با بیشتر مناطق دیگر دارای اختلاف معنی‌دار است. دامپ باطله و معدن با تمام مناطق دیگر و کارخانه تغلیظ با روستای حسن‌آباد، روستای دره‌گازه، دهستان دهشیر و سایت هفت دارای اختلاف معنی‌دار است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]



شکل ۴- نمودار تغییرات میانگین غلظت فلز سرب در اندام هوایی *A.aucheri* و *A.sieberi* در مناطق ده گانه (ستون‌های هاشور زده مربوط به *A.aucheri* و ستون‌های تیره‌تر مربوط به *A.sieberi* می‌باشد). حروف لاتین نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی است.

مقادیر معیار برای تعریف بیش تجمع‌دهندگی سرب و مس غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم یا بیشتر در بنیان برگ خشک است، در حالی‌که مقدار آستانه برای بیش تجمع‌دهندگی روی و منگنز ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. می‌توان بیش تجمع‌دهنده‌ها را با استفاده از نسبت غلظت فلزی اندام هوایی به ریشه (عامل جابجایی، TF) که دارای مقدار بیشتر از یک باشد توصیف کرد، در حالی‌که گیاهان غیر بیش تجمع‌دهنده به‌طور معمول دارای غلظت‌های فلزی بالاتر در ریشه‌ها نسبت به اندام هوایی هستند (۹). نتایج محاسبه عامل جابجایی برای گیاه درمنه کوهی در جدول (۲) آورده شده است.



شکل ۵- نمودار تغییرات میانگین غلظت فلز روی در اندام هوایی *A.aucheri* و *A.sieberi* در مناطق ده گانه (ستون‌های هاشور زده مربوط به *A.aucheri* و ستون‌های تیره‌تر مربوط به *A.sieberi* می‌باشد). حروف لاتین نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی است.

عامل جابجایی بیشتر از یک برای فلزات سرب، روی و منگنز به این معنی است که درمنه کوهی توانایی زیادی برای انتقال این فلزات از ریشه به اندام هوایی دارد (۹). لازم به ذکر است که عامل جابجایی برای درمنه دشتی با توجه به کم بودن تعداد نمونه‌ها محاسبه نشد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]

جدول ۲: عامل جا بجایی محاسبه شده برای گیاه *A.aucheri* (غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)

	مس	سرب	روی	منگنز
اندام هوایی	۸/۵۵۰۵۸۲	۷/۲۴۱۰۲۷	۴۰/۴۲۵۸۴	۵۲/۵۳۵۵۸
ریشه	۹/۳۸۹۱۸۸	۱/۸۳۲۶۵۵	۲۳/۸۱۰۵۵	۴۵/۴۲۳۱۱
عامل جابجایی	۰/۹۱۰۶۸۴	۳/۹۵۱۱۱۳	۱/۶۹۷۸۱۲	۱/۱۵۶۵۸۳

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که فلزات مس، سرب، روی و منگنز در مناطق ده گانه دارای غلظت‌های متفاوتی است. می‌توان این نتایج را با در نظر گرفتن مواردی از جمله جهت باد غالب، فاصله نقاط نمونه‌برداری، همچنین با توجه به مناطق اصلی بهره‌برداری از پیت معدن به این شرح تفسیر کرد. بالاتر بودن غلظت مس در مناطق معدن و دامپ باطله به این دلیل است که این دو منطقه در محل اصلی بهره‌برداری واقع شده‌اند. فرانکو هرناندز و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای به بررسی غلظت فلزات سنگین در گیاهان رشد یافته بر روی پسماندهای معدنی به شدت آلوده در مرکز مکزیک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که به‌طور کلی مقدار فلزات در ریشه‌ها و برگ‌های گیاهان رشد یافته در مناطقی که به میزان بیشتری تحت تأثیر منابع آلاینده قرار دارند بیشتر است. اگر چه مناطقی مانند کارخانه تغلیظ و کارخانه لیچینگ نیز به محل بهره‌برداری نزدیک هستند، اما دارای وضعیت متفاوتی نسبت به معدن و دامپ باطله می‌باشند. کارخانه تغلیظ احتمالاً به علت این که در بخش شمالی‌تر و بالادست معدن قرار گرفته است و باد غالب در منطقه‌ی مطالعاتی از شمال به جنوب است نسبت به مناطقی مانند روستاهای حسن‌آباد و بیشه که در پایین‌دست معدن و در جهت باد قرار دارند در معرض مس کمتری قرار گرفته است. کارخانه لیچینگ احتمالاً به این علت که در مقایسه با معدن و دامپ با کانسار اصلی فاصله داشته و روی آن قرار ندارد از غلظت مس کمتری در مقایسه با این مناطق برخوردار است. روستای دره‌گازه به دلیل قرار نداشتن در مسیر معدن از کمترین غلظت مس برخوردار است.

همانگونه که در بخش نتایج بیان شد غلظت فلز سرب در مناطق معدن و دامپ باطله به میزان زیادی بیشتر از سایر مناطق است، در حالی که بین مناطق دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. یکی از علل ورود سرب به محیط‌زیست منطقه مطالعاتی عبور جاده‌ی یزد-شیراز از منطقه و اگزوز وسایل نقلیه گذرنده از این جاده می‌باشد. همچنین بیشترین فعالیت‌های حمل و نقل به منظور عملیات اکتشاف و تجهیز کارگاه‌ها در منطقه معدن و سپس دامپ باطله در حال انجام است، که مقداری از سرب موجود در نمونه‌ها نیز می‌تواند ناشی از این مورد باشد. از این‌رو طبیعی است که غلظت سرب در این مناطق به نسبت بالاتر از نواحی دیگر باشد. در میان تمام مناطق نمونه‌برداری مناطق دهشیر و سایت هفت از کمترین غلظت سرب برخوردارند. فاصله بیشتر این دو منطقه نسبت به سایر مناطق از مکان احداث معدن می‌تواند قوی‌ترین گواه برای توجیه این مسئله باشد. راشد (۲۰۱۰) نیز در تحقیقی به بررسی آلودگی فلزات سنگین آلاینده ناشی از باطله‌های معدنی در خاک و دو گونه گیاه وحشی شامل *Acia raddiena* و *Aerva javanica* در جنوب شرقی مصر پرداخت. نتایج نشان داد که بالاترین سطوح غلظت فلزات تقریباً در مکان‌های نزدیک به معدن و باطله-ها وجود دارد. در واقع میزان فلزات سنگین با دور شدن از باطله‌ها کاهش می‌یابد. نتایج به دست آمده توسط این پژوهشگر به میزان زیادی با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

توزیع فلز روی در منطقه مطالعاتی به این صورت است که در مناطقی از جمله کارخانه لیچینگ و دامپ باطله که نزدیک به محل بهره‌برداری بوده و معدن که در محل اصلی بهره‌برداری واقع شده است این فلز از غلظت بیشتری برخوردار است. بالادست تغلیظ و کارخانه تغلیظ به‌دلیل قرار گرفتن در بخش شمالی‌تر نسبت به معدن و دامپ باطله و به علت جهت شمال به جنوب باد غالب از

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]

یک سو و همچنین شیب توپوگرافی و شیب حوزه آبخیز منطقه از سوی دیگر دارای غلظت روی کمتری است. این فلز در روستای دره‌گازه به علت قرار نداشتن در مسیر معدن و احتمالاً جهت باد و مناطق دهشیر و سایت هفت به علت فاصله زیاد از مکان احداث معدن از غلظت کمتری برخوردار است. پری‌زنگنه و همکاران (۲۰۱۰) پس از بررسی غلظت و فراهمی فلزات سنگین در خاک و پوشش گیاهی رشد یافته در مناطق آلوده مجتمع روی زنجان در ایران به این نتیجه رسیدند که غلظت فلزات سنگین Cd، Pb و Zn در نمونه‌های گیاهی بالاتر از استاندارد است. همچنین با افزایش فاصله از باطله‌ها غلظت فلزات به صورت تدریجی کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق با بخشی از نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

منگنز در تمام مناطق نسبت به سایر فلزات از غلظت بالاتری برخوردار است. این فلز به استثنای دامپ باطله و معدن که نسبت به تمام مناطق دارای غلظت متفاوت هستند و کارخانه تغلیظ که با روستای حسن‌آباد، روستای دره‌گازه، دهستان دهشیر و سایت هفت دارای اختلاف معنی‌دار است، در سایر مناطق تقریباً به‌صورت مشابه توزیع یافته است.

آلووی[1] (۱۹۹۵) غلظت‌های نرمال و بحرانی تعدادی از فلزات سنگین را در گیاهان ارائه کرده است. اعداد مربوط به غلظت‌های نرمال و بحرانی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در جدول (۳) آمده است. پس از انجام آزمون تی با یک مقدار ثابت در سطح ۵ درصد مشخص شد که غلظت فلزات مس، روی و منگنز در اندام هوایی گیاه درمنه در تمام مناطق نمونه‌برداری در محدوده نرمال برای گیاهان قرار دارد، اما فلز سرب در منطقه معدن با غلظت ۲۲/۹۲۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در منطقه‌ی دامپ با غلظت ۱۹/۴۷۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای غلظتی فراتر از حد نرمال است، در حالی‌که در سایر مناطق نمونه-برداری در محدوده‌ی نرمال برای گیاهان قرار دارد. دومینگز[2] و همکاران (۲۰۰۸) غلظت عناصر کمیاب را در گیاهان چوبی دره گوادیامار اسپانیا مورد بررسی قرار دارند و به این نتیجه رسیدند که با وجود غلظت‌های بالای بعضی از عناصر کمیاب در برگ‌های تعدادی از گونه‌های گیاهی چوبی در مقایسه با مناطق فاقد آلودگی، غلظت‌ها در دامنه‌ای نرمال برای گیاهان عالی قرار دارند. در تحقیق حاضر نیز بیشتر غلظت‌های به‌دست آمده در دامنه نرمال برای گیاهان قرار دارند.

جدول ۳- حد نرمال و بحرانی فلزات سنگین در گیاه بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (۱)

فلز	حد نرمال در گیاه	غلظت بحرانی در گیاه
مس (Cu)	۵ - ۲۰	۲۰ - ۱۰۰
سرب (Pb)	۰/۲ – ۲۰	۳۰ - ۳۰۰
روی (Zn)	۱ - ۴۰۰	۱۰۰ - ۴۰۰
منگنز (Mn)	۲۰ - ۱۰۰۰	۳۰۰ - ۵۰۰

چانی[3] (۱۹۸۹) سطوح حداکثر قابل تحمل توسط احشام را برای فلزات مس، سرب و روی به‌ترتیب ۳۰۰، ۳۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گیاهان ارائه کرده است. بر این اساس می‌توان گفت گیاهان موجود در تمام مناطق برای احشام قابل استفاده بوده و میزان فلزات مورد نظر در آن‌ها در محدوده طبیعی برای احشام قرار دارد. اسمیت[4] و همکاران (۲۰۰۹) جذب سرب و فلزات وابسته را در گیاهان و احشام مراتع دشت‌های سیلابی آلوده شده در اثر فعالیت‌های معدن‌کاری در مرکز ولز مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که خاک در داخل و پایین-دست منطقه تحت تأثیر فعالیت‌های معدنی با غلظت‌های بالایی از Pb، Cu و Zn آلوده شده است و به‌طور ویژه در بعضی مناطق میزان سرب خاک دارای غلظت بیش از حد معمول بوده و خطر سمیت را برای احشامی که از گیاهان رشد یافته از این خاک‌ها تغذیه می‌کنند، ایجاد می‌نماید که مغایر با نتایج تحقیق حاضر است. لازم به ذکر است که منطقه مطالعاتی فاقد رودخانه یا دشت سیلابی است.

در مطالعات گسترده‌تر با بررسی غلظت فلزات سنگین در ریشه‌های گیاه و خاک می‌توان با دقت بیشتری در مورد غلظت‌های به‌دست آمده اظهار نظر کرد. همچنین لازم است اثرات تجمعی سایر معادن و صنایع موجود در منطقه نیز مورد بررسی قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود با

[1] -Alloway
[2] -Dominguez
[3] -Chaney
[4] -Smith

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]

توجه به ذخیره عظیم کانسار مس دره زرشک، ضمن بهره‌برداری از این معدن کلیه ملاحظات محیطزیستی و راهکارهای بهبود و بهسازی محیطزیست مد نظر مدیران شرکت ملی صنایع مس ایران قرار گیرد.

References

1. Alloway, B.J., 1995. Heavy metals in soils. Second edition, 368p.
2. Celik, A., A.A. Kartal, A. Akdogan & Y. Kaska, 2005. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinio pseudo-acacia* L. Environmental International, 31: 105-112.
3. Chaney, R.L., 1989. Toxic element accumulation in soils and crops: protecting soil fertility and agricultural food chains. In: Bar-Yosef, B.; Barrow, N.J. and Goldshmid, J. (Eds), Inorganic contaminants in the vadose zone. Springer, Berlin, 140-158.
4. Demirezen, D. & A. Aksoy, 2004. Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). Chemosphere, 56: 685 – 696.
5. Deram, A., F.O. Denayer, D. Petit & C. Van Haluwyn, 2006. Seasonal variations of cadmium and zinc in *Arrhenatherum elatius*, a perennial grass species from highly contaminated soils. Environmental Pollution, 140: 62-70.
6. Dominguez, M.T., T. Maranon, J.M. Murillo, R. Schulin & B.H. Robinson, 2008. Trace element accumulation in woody plants of the Guadiamar Valley, SW Spain: A large-scale phytomanagement case study. Environmental Pollution, 152: 50-59.
7. Franco-Hernandez, M.O., M.S. Vasquez-Murrieta, A. Patino-Siciliano & L. Dendooven, 2010. Heavy metals concentration in plants growing on mine tailings in Central Mexico. Bioresource Technology, 101: 3864-3869.
8. Kapusta, P., G. Szarek-Lukaszewska & A.M. Stefanowicz, 2011. Direct and indirect effects of metal contamination on soil biota in a Zn-Pb post-mining and smelting area (S Poland). Environmental Pollution, 159: 1516-1522.
9. Martinez-Sanchez, M.J., M.L. Garcia-Lorenzo, C. Perez-Sirvent & J. Bech, 2012. Trace element accumulation in plants from an aridic area affected by mining activities. Journal of Geochemical Exploration, xxx: xxx – xxx.
10. Muhammad, S., M.T. Shah & S. Khan, 2011. Heavy metal concentrations in soil and wild plants growing around Pb-Zn sulfide terrain in the Kohistan region, northern Pakistan. Microchemical Journal, 99: 67 – 75.
11. Nan, Z., J. Li, J. Zhang & G. Cheng, 2002. Cadmium and zinc interactions and their transfer in soil-crop system under actual field conditions. The Science of the Total Environment, 285: 187 – 195.
12. National Iranian Copper Industries Company, 2011. Taft copper mine project, Environmental Impact Assessment report of Darreh Zereshk copper mine project.
13. Parizanganeh, A., P. Hajisoltani & A. Zamani, 2010. Concentration, distribution and comparison of total and bioavailable metals in top soils and plants accumulation in Zanjan Zinc Industrial Town-Iran. Procedia Environmental Sciences, 2: 167-174.
14. Rashed, M.N., 2010. Monitoring of contaminated toxic and heavy metals, from mine tailings through age accumulation, in soil and some wild plants at Southeast Egypt. Journal of Hazardous Materials, 178: 739-746.
15. Romero, A., I. Gonzalez & E. Galan, 2012. Trace elements absorption by citrus in a heavily polluted mining site. Journal of Geochemical Exploration, 113: 76-85.
16. Smith, K.M., P.W. Abrahams, M.P. Dagleish & J. Steigmajer, 2009. The intake of lead and associated metals by sheep grazing mining-contaminated floodplain pastures in mid-Wales, UK: I. Soil ingestion, soil-metal patitioning and potential availability to pasture herbage and livestock. Science of the Total Environment, 407: 3731 – 3739.
17. Zare Chahouki, 2014. Analysis of the data in the study of natural resources with SPSS, Tehran University press, 2nd edition, 310p. (In persian)
18. Zhuang, P., M.B. McBride, H. Xia, N. Li & Z. Li, 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinty of Dabaoshan mine, South China. Science of the Total Environment, 407: 1551-1561.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1393.8.3.2.2]