مجلهٔ محیط شناسی ،سال سی و پنجم، شمارهٔ ۵۱ پاییز ۸۸، صفحهٔ۵۷-۶۸

ارائهٔ الگوی ارزشگذاری مکانی کارکرد جذب گاز دی اکسید کربن، در جنگل‌های خزری ایران

٤
٥

چکیده

جنگل‌ها فراهم‌کنندهٔ خدمات اکوسیستمی مهمی هستند که اغلب بازاری برای تعیین ارزش این خدمات وجود ندارد. در میان خدمات غیر بازاری ارائه شده به‌وسیلهٔ اکوسیستم‌های جنگلی، خدمت تنظیم گازهای اتمسفری و بویژه جذب و ذخیره‌سازی دی اکسیدکربن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا گیاهان با جذب دی اکسیدکربن و استفاده از آن در فرایند فتوسنتز، علاوه بر تولید زیست تودهٔ گیاهی و رها سازی اکسیژن، یکی از مهم‌ترین ذخیره‌گاههای کربن در زمین به شمار آمده و نقش مؤثری در کاهش آثار ناشی از پدیدهٔ گلخانه‌ای دارند. نکته قابل توجه در این رابطه آن‌است‌که تفاوت موجود در میزان تراکم زیست تودهٔ گیاهی، وضعیت توپوگرافیک منطقه، نوع گونه‌ها و میزان رویش در هکتار موجب شده تا جذب دی اکسیدکربن در مناطق جنگلی به گونه‌ای غیرهمگن صورت پذیرفته و از توزیع مکانی یکسانی برخوردار نباشد. نادیده پنداشتن این تفاوت‌ها و انجام برآوردهای میانگین از ارزش این خدمت می‌تواند منجر به بروز خطا در محاسبات و بالطبع برنامه‌ریزی‌های مبتنی بر آنها شود. در این مطالعه، الگویی برای دستیابی به توزیع مکانی ارزش خدمت اکوسیستمی جذب دی اکسید کربن توسط درختان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی ارائه شده است. در این روش با استفاده از تیپ جنگل، نوع گونه‌ها، میزان تراکم پوشش گیاهی و میزان رویش سالانه در هکتار ابتدا نقشهٔ میزان رویش سالانه در هکتار تهیه شده و سپس با استفاده از رابطهٔ میان میزان تولید زیست تودهٔ گیاهی و میزان جذب دی اکسیدکربن نقشهٔ میزان دی اکسیدکربن جذب شده توسط اکوسیستم جنگلی تدوین می‌شود. در ادامه به منظور ارزشگذاری این خدمت اکوسیستمی از روش هزینهٔ جایگزین که یکی از روش‌های مبتنی بر هزینه در اقتصاد محیط زیست محسوب می‌شود، استفاده شده و بدین ترتیب دستیابی به نقشهٔ توزیع مکانی ارزش جذب دی‌اکسیدکربن توسط درختان جنگلی میسر شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد عرصه ۲۰۵۸۲ هکتاری از منطقهٔ مورد مطالعه، سالانه از ارزشی بالغ بر ۸۰ میلیارد ریال در رابطه با جذب گاز دی اکسید کربن برخوردار است.

کلید واژه

ارزشگذاری اقتصادی ، دی اکسید کربن ، خدمات اکوسیستمی ، گرمایش زمین ، خیرود کنار

سرآغاز

تخریب اکوسیستم‌ها و افت کمی و کیفی خدمات اکوسیستمی نه فقط بر رشد اقتصادی کنونی اثر منفی دارد، بلکه ظرفیت موجود برای رشد پایدار اقتصادی در آینده را نیز متأثر خواهد ساخت. امروزه توافق گسترده بر این مسئله وجود دارد که تخریب و زوال کنونی منابع محیط زیست و آلودگی‌های ایجاد شده در آن به مقدار زیادی به واسطهٔ عدم وجود بازار برای کالاها و خدمات اکولوژیکی است (Stapleton, and Garrod, 2008). از سوی دیگر تخمین ارزش واقعی عملکرد و خدمات اکوسیستمی و توسعهٔ مکانیسم‌های مناسب برای به‌دست آوردن ارزش اقتصادی آنها نیازی اساسی برای تخصیص بهینه منابع محسوب می‌شود (Adgers, et al., 1995, Ninan, et al ,2007). در ارتباط با فلسفه ارزش‌گذاری و لزوم استفاده از آن،

نویسنده مسئول: تلفن ۲۹۹۰۲۸۶۷- ۰۲۱
E-mail: n_mobarghaee@sbu.ac.ir

شایان ذکر است که آگاهی از این ارزش‌ها می‌تواند به سه صورت در اخذ تصمیمات اجتماعی مؤثر واقع شود، اولاً در ارزیابی به روش هزینه منفعت برای قبول، یا عدم قبول یک پروژه، و یا تعیین سطح مناسب و قابل قبول خسارت وارده به محیط زیست آگاهی از این ارزش مورد نیاز است. ثانیاً در محاسبات در آمد ملی در سطح کلان اطلاع از این ارزش‌ها لازم است، زیرا معمولاً زیانی که در فرایند توسعهٔ اقتصادی متوجه کالاها و خدمات اکوسیستمی می‌شود در این محاسبات وارد نشده و اغلب منجر به ارائهٔ آمارهای نادرستی در زمینهٔ شاخص‌هایی چون تولید ناخالص ملی[1] می‌شود. ثالثاً آگاهی از این ارزش‌ها می‌تواند نقش مؤثری در جلب توجه مردم، مسئولان و سیاستگزاران به مسائل محیط زیست ایفا کند زیرا دستیابی به ارقام کمی همواره به درک ملموس‌تر مسئله کمک کرده و امکان مقایسه را براحتی فراهم می‌سازد (cammon, 2003). در واقع نکته اساسی آن است‌که تعیین ارزش خدمات اکوسیستمی بتنهایی هدف نیست بلکه به عنوان »بزار پشتیبان تصمیم‌گیری» وسیله‌ای است‌که ما را در اخذ تصمیمات بهتر و صحیح‌تر در رابطه با محیط زیست یاری خواهد کرد.

در این رابطه نیاز به وجود ابزارهایی برای تعیین ارزش کمی خدمات اکوسیستمی در دهه‌های اخیر منجر به پیدایش شاخه‌ای نو در اقتصاد محیط زیست و اقتصاد اکولوژیک شده تا با بهره‌مندی از ابزارهای هر سه رشته اقتصاد، اکولوژی و محیط زیست بتوان به تعیین ارزش کمی کالاها و خدمات اکوسیستمی مبادرت ورزید. از آنجا که رکن اصلی برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین دسترسی به اطلاعات درست و قابل اندازه‌گیری است، چه بسا آگاهی برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران از ارزش کالاها و خدمات اکوسیستم می‌تواند راه گشای آنان در اخذ تصمیماتی آگاهانه‌تر بوده و مانع از روند تخریبی کنونی در اکوسیستم‌ها شود.

خوشبختانه لزوم تعیین ارزش خدمات اکوسیستمی و مواهب زیستی در سالهای اخیر در ایران نیز به قطعیت رسیده است، به طوری‌که در ماده ۵۹ قانون برنامهٔ چهارم توسعه بروشنی به لزوم »برآورد ارزش‌های اقتصادی منابع طبیعی و زیست محیطی و هزینه ناشی از آلودگی و تخریب محیط زیست در فرایند توسعه و محاسبهٔ آن در حساب‌های ملی» اشاره شده است (قانون برنامهٔ چهارم توسعه اقتصادی – اجتماعی و فرهنگی ایران، ۱۳۸۳).

در میان اکوسیستم‌های طبیعی، جنگل‌ها فراهم‌کنندهٔ بیشترین تعداد خدمات اکوسیستمی هستند (MEA, 2005). همچنین بیشترین تنوع گونه‌ای و زیستی نیز در اکوسیستم‌های جنگلی به چشم می‌خورد به‌طوری‌که ۶۰٪ از کل گونه‌های گیاهی جهان در جنگل‌های گرمسیری[2] یافت می‌شوند (Ninan, et al., 2007). یکی از مهم‌ترین خدمات ارائه شده توسط جنگلها، خدمت جذب و تثبیت دی‌اکسیدکربن و استفاده از آن در فرایند فتوسنتز است. با توجه به دغدغه‌های بشر در سالهای اخیر در ارتباط با تشدید پدیدهٔ گرمایش زمین، جنگل‌ها به عنوان بزرگترین منابع جذب گازهای گلخانه‌ای و به‌خصوص دی‌اکسیدکربن، نقش مؤثری در تنظیم دمای کرهٔ زمین ایفا می‌کنند. بدین ترتیب تخریب و نابودی اکوسیستم‌های جنگلی نقش مؤثری در تشدید بحران موجود ایفا خواهد کرد. به گزارش مجمع بین دولی تغییر اقلیم (IPCC)[3] ۲۰٪ از کل دی‌اکسیدکربن تولید شده در جهان ناشی از پدیدهٔ جنگل زدایی و تخریب جنگل‌هاست (IPCC, 2005).

پیشینهٔ مطالعه

تحقیقات بسیاری در جهان به منظور برآورد ارزش خدمت اکوسیستمی تثبیت کربن به‌وسیلهٔ اکوسیستم‌های جنگلی انجام شده است. در اغلب موارد برآورد ارزش برحسب منافعی است‌که اکوسیستم به واسطهٔ کنترل پدیدهٔ گرمایش زمین در جهان ایجاد می‌کند. کلارکسون در سال ۲۰۰۰ پیشنهاد کرد که این ارزش معادل ۳۴ دلار به‌ازای هر تن کربن است(Clarkson, 2000) .در مطالعهٔ دیگری، رقمی معادل ۳۴ تا ۵۰ دلار به ازای ذخیره هر تن کربن پیشنهاد شد (Tol, et al., 2000). همچنین فنخوسر در سال۱۹۹۴ خسارتی معادل ۲۰ دلار را به ازای آزاد شدن هر تن کربن برآورد کرد(Fankhauser ,1994). در تحقیق دیگری که توسط بن به انجام رسید، برآورد شده که تبدیل جنگل بکر به کشتزار سالانه معادل ۴۰۰۰ تا۴۴۰۰ دلار در هکتار، زیان ناشی از رها شدن کربن به بار خواهد آورد. (Bann, 1997). یکی از دیگر روش‌ها در برآورد ارزش جذب کربن توسط درختان جنگلی، استفاده از نرخ مالیات کربن است. سولبرگ در سال ۱۹۹۷ از میزان مالیات کربن در نروژ که ۴۷ دلار به ازای هر تن Co_2 بود، برای تخمین ارزش تثبیت کربن در جنگل‌های نروژ استفاده کرد و نشان داد ارزش تثبیت کربن در این جنگل‌ها ۳تا۳۰ برابر ارزش چوب آنهاست (Solberg, 1997). مانه و ریچلز در سال ۱۹۹۱ پیشنهاد دادند که مالیاتی معادل ۲۷۵تا۶۰۰ دلار به ازای هر تن کربن می‌تواند میزان انتشار Co_2 در امریکا را به میزان ۲۰ درصد در طی سالهای ۱۹۹۹تا ۲۰۰۰ کاهش دهد(Manne and Richels, 1991).

در میان جنگل‌های جهان،جنگل‌های گرمسیری بیشترین نقش رادر تثبیت کربن دارند. کاستانزا و دیگران در سال ۱۹۹۷ ارزش ترسیب کربن در جهان را ۶۸۴ میلیارد دلار برآورد کردند. از این رقم ۴۲۴ میلیارد دلار مربوط به جنگل‌های گرمسیری است(Costanza, et al., 1997). مایرز در سال ۱۹۹۶ ارزش ترسیب کربن در جنگل‌های آمازون را ۴۶ میلیارد دلار و هزینهٔ جایگزین برای ظرفیت ذخیره کربن موجود در جنگل‌های گرمسیری را معادل ۳/۷ تریلیون دلار برآورد نمود (Myers, 1996). در ایران نیز در سال‌های اخیر تلاش‌هایی در زمینه ارزش‌گذاری خدمت اکوسیستمی تنظیم گازهای اتمسفری توسط اکوسیستم‌های جنگلی صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به تحقیق انجام شده توسط کریم‌زادگان و همکاران در سال ۲۰۰۷ اشاره کرد. در این مطالعه که با استفاده از روش هزینه جایگزین انجام شده، ارزش تنظیم گاز در جنگل‌های ناحیه هیرکانی ۷۳۰ دلار در هکتار و متوسط این رقم در جنگل‌های کشور ۲۱۲/۵ دلار در هکتار برآورد شده است(Karimzadegan, et al., 2007).

در سال‌های اخیر به منظور استفاده دقیق‌تر از یافته‌های مربوط به ارزشگذاری اقتصادی عملکردهای اکوسیستمی، سعی در مکاندار کردن ارزش‌گذاری‌ها به چشم می‌خورد (Kreuter, et al., 2001, Zhao, et al., 2004, Troy and Willson, 2006, GUO, et al 2001.). این امر بدین معنا است که ارزش محاسبه شده برای خدمت اکوسیستمی خاص در اکوسیستم به‌صورت میانگینی از کل اکوسیستم نبوده بلکه به گونه‌ای مکاندار، ارتباط میان میزان ارزش و مکان خاص تولید ارزش در اکوسیستم نشان داده می‌شود. آنچه مسلم است، همگن پنداشتن ارزش خدمات اکوسیستمی در کل منطقه و فقدان تجسم فضایی از آن در بسیاری از موارد باعث بروز خطا در محاسبات و به تبع آن در تصمیم‌گیری‌ها خواهد شد و بیقین دستیابی به الگوهای فضایی ارزش، در مناطق غیرهمگن که دارای توپوگرافی پیچیده، شیب‌های متفاوت و تنوع زیستی گوناگونند، بسیار چشمگیرتر است(Heywood, et al., 1994).

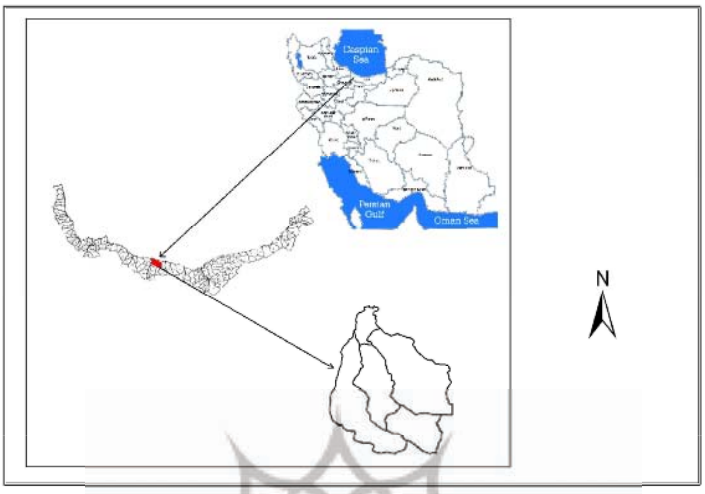
متأسفانه باوجود گسترش انجام مطالعات ارزشگذاری خدمات اکوسیستمی در سالهای اخیر در ایران، تاکنون ارزشگذاری مکانی در کشور انجام نشده است و در کلیهٔ مطالعات، برآوردها به گونه‌ای غیر مکاندار و میانگینی از کل منطقه بوده است. این در حالی است که در مناطقی همچون جنگل‌های شمال ایران که به واسطه واقع شدن در دامنهٔ شمالی رشته کوه البرز به جنگل‌های کوهستانی موسوم‌اند، با تغییر ارتفاع، جامعهٔ گیاهی به طور مشخص تغییر می‌کند (بلندیان ۱۳۷۸، مخدوم، ۱۳۸۰).

بدین معنی که در طبقات ارتفاعی مشخص، وجود جامعهٔ گیاهی معینی انتظار می‌رود و با تغییر ارتفاع، نوع رویش و گونه‌های غالب متفاوت خواهند بود. با توجه به این مسئله به نظر می‌رسد برای تعیین ارزش خدمات اکوسیستمی در چنین مناطقی داشتن تجسم فضایی از وضعیت موجود می‌تواند مانع بروز خطا و همگن انگاشتن ارزش در کل عرصه جنگلی شود. علاوه بر این‌که جنگل‌های کوهستانی دارای اکوسیستمی بسیار شکننده و آسیب پذیر بوده و برنامه‌ریزی برای چنین اکوسیستم‌هایی باید به‌صورتی دقیق و مکاندار صورت گیرد (Beniston, 2000,Tappeiner, et al., 1998, Regamey, and Kytzia, 2007). بدین ترتیب به منظور رفع این مشکل، در تحقیق حاضر برای اولین بار در کشور ارزشگذاری خدمات اکوسیستمی در بخشی از جنگل‌های خزری به صورتی مکاندار صورت پذیرفته است.

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه آبخیر شمارهٔ ۱ از حوزه ۴۵ جنگل‌های خزری به مساحت ۲۰۵۸۲/۴۹ هکتار است. این منطقه در شش کیلومتری نوشهر واقع است و بخشی از آن با عنوان «جنگل‌های علمی – پژوهشی» به منظور انجام امور پژوهشی در اختیار دانشگاه تهران قرار دارد. شکل شمارهٔ (۱) موقعیت منطقهٔ مطالعاتی را نسبت به جنگل‌های خزری و کل کشور نشان می‌دهد.

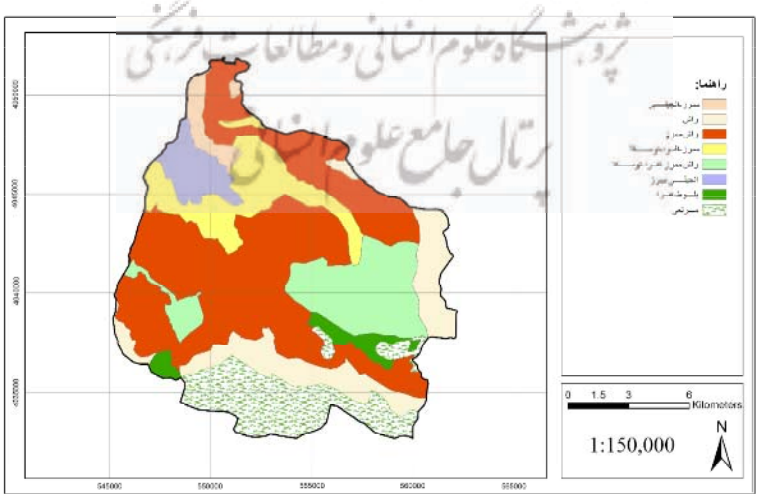
منطقه دارای دو نوع کاربری جنگلی و مرتعی است. به منظور انجام محاسبات مربوط به برآورد میزان جذب کربن توسط اکوسیستم جنگلی لازم است تا نقشه تیپ جنگل تهیه شود. در منطقهٔ مورد مطالعه هفت تیپ متمایز گیاهی شامل راش، راش – ممرز، ممرز – افرا – توسکا، راش – ممرز – افرا – توسکا، انجیلی – ممرز، و بلوط – ممرز قابل تشخیص است. شکل شمارهٔ (۲) نقشهٔ تیپ چنگل در محدودهٔ مورد نظر را نشان می‌دهد. همچنین تهیه نقشهٔ میزان رویش سالانه در هکتار نیازمند آگاهی از موجودی حجم سرپای درختان در هکتار است که شکل شمارهٔ (۳) نقشه موجودی حجم سرپای درختان در هکتار را نشان می‌دهد. همان‌گونه‌که در این نقشه نشان داده شده است منطقهٔ مورد مطالعه از ۶ طبقه موجودی در هکتار با حداقل ۵۰ و حداکثر ۴۰۰ مترمکعب در هکتار برخوردار است.



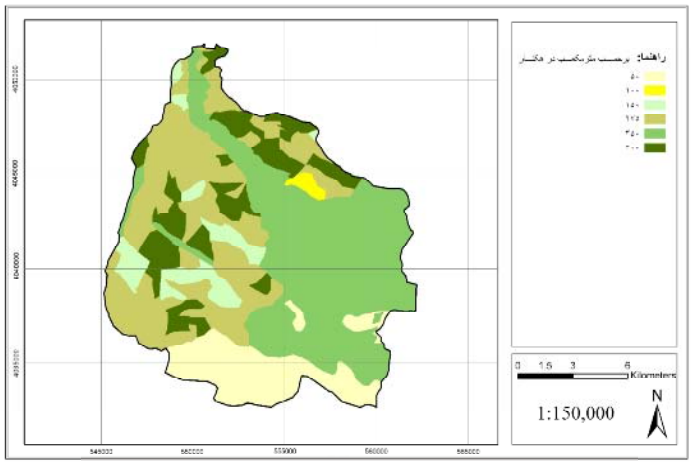
شکل شمارهٔ (۱): موقعیت منطقهٔ مطالعاتی نسبت به جنگل‌های خزری و کل کشور

الگو و روش برآورد

مطالعات ارزشگذاری معمولاً از دو جنبه برخوردارند، یکی برآورد مقادیر به گونه کمی، و دیگری ارزش گذاشتن بر مقادیر برآورد شده. بدین ترتیب در این مطالعه ابتدا به روش برآورد میزان کمی دی اکسید کربن جذب شده و چگونگی نقشه‌سازی آن اشاره شده و در ادامه به چگونگی ارزشگذاری این خدمت اکوسیستمی و روش نقشه سازی آن پرداخته شده است.



شکل شمارهٔ (۲): نقشهٔ تیپ جنگل (ادارهٔ کل منابع طبیعی نوشهر ۱۳۸۶)



شکل شمارهٔ (۳): متوسط موجودی در هکتار (ادارهٔ کل منابع طبیعی نوشهر، ۱۳۸۶)

چگونگی برآورد میزان دی اکسید کربن جذب شده توسط درختان

به منظور تعیین میزان کربن جذب شده توسط درختان در اکوسیستم جنگلی سه روش کلی وجود دارد که عبارتند از:

۱- مطالعات و اندازه‌گیری‌های تجربی؛

۲- مدل‌های ریاضی (Strang, et al., 1999 Thomas, 1990,Ian, 1991,Titus, 1992, Robert, 1993)

۳- فرمول فتوسنتز (Gue, et al., 2001، Li, et al., 2006 ., (Xue &Tisdell, 2001,

در این مطالعه از فرمول فتوسنتز به منظور برآورد میزان کربن ذخیره شده توسط اکوسیستم جنگلی استفاده شد. طبق این رابطه گیاه با جذب ۲۶۴ گرم دی اکسیدکربن، به میزان ۱۶۲ گرم آمیلاز، یا مادهٔ خشک گیاهی تولید می‌کند. بنابراین به ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک به میزان ۱/۶۳ کیلوگرم کربن توسط اکوسیستم جنگلی تثبیت می‌شود. بدین ترتیب با محاسبهٔ دقیق میزان رویش سالانه گیاه در بخش‌های هوایی و زیرزمینی، می‌توان به میزان کربن تثبیت شده توسط گیاه پی برد.

$$Co2\ (264g) + H2o\ (108g) \rightarrow C6H12O6\ (180g) + O_2(193g) \rightarrow Amylase(162g)$$

به منظور محاسبهٔ میزان رویش سالانه گیاه می‌توان درصد رویش نسبی سالانه در هکتار برای هر گونه را، در متوسط حجم سرپا در هکتار ضرب کرد. با توجه به این‌که درمیزان رویش سالانه فقط رویش در اندام‌های هوایی گیاه منظور می‌شود، لازم است تا رویش در اندام‌های زیرزمینی نیز به این مقدار افزوده شود. تحقیقات نشان می‌دهد میزان رویش در اندام‌های زیر زمینی معادل ۲۰٪ رویش هوایی گیاه است (MacDichen, 1997).

از آنجا که رویش گیاهان به صورت حجمی برآورد می‌شود، لازم است تا به منظور تبدیل آن به واحد وزن، رقم مربوط در میزان جرم حجمی هر گونه ضرب شود. جدول شمارهٔ (۱) درصد رویش نسبی سالانه و جرم حجمی هر یک از شش گونهٔ درختی موجود در منطقهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

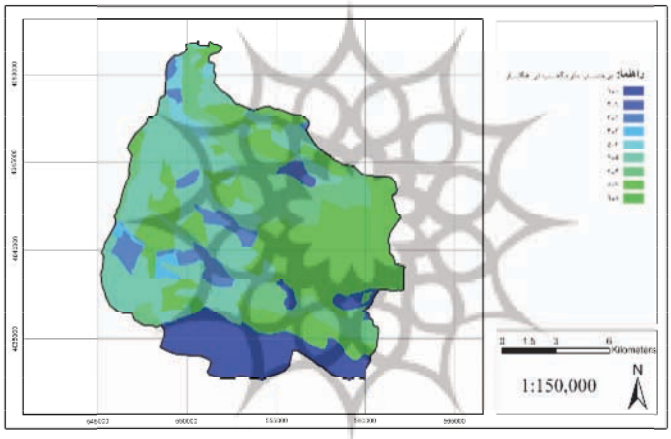
جدول شمارهٔ (۱): درصد رویش نسبی وجرم حجمی گونه های موجود در منطقهٔ مطالعاتی

(زبیری و همکاران، ۱۳۸۴)؛ (ادارهٔ کل منابع طبیعی نوشهر، ۱۳۸۵)

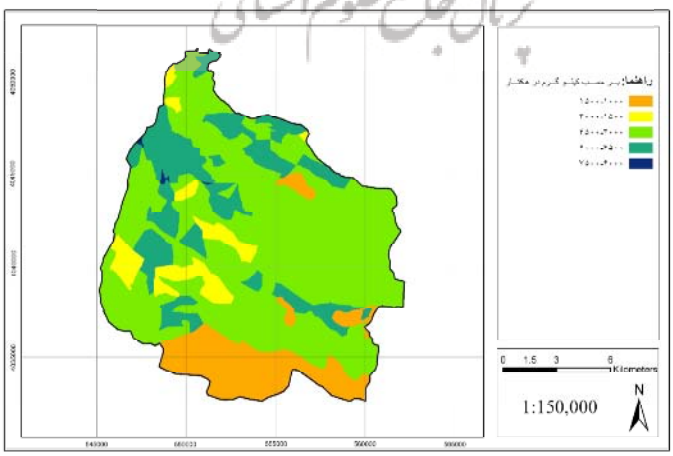
نوع گونه	راش	ممرز	توسکا	انجیلی	بلوط	افرا
درصد رویش نسبی(m^3)	۲/۱۵۲	۱/۳۶۰	۲/۶۴۸	۲/۳۷۷	۲/۲۶۷	۲/۲۰۴
جرم حجمی هر گونه (kg/m^3)	۵۷۵	۷۰۶	۴۶۴	۸۵۰	۶۷۴	۵۵۰

با موجود بودن نقشهٔ میزان موجودی در هکتار و درصد رویش نسبی هر یک از گونه‌ها و آگاهی از نسبت هر یک از گونه‌ها در تیپ رویشی، می‌توان به نقشهٔ متوسط رویش حجمی سالانه دست یافت. برای مثال با توجه به این‌که میزان رویش نسبی گونه راش ۲/۱۵۲ درصد است، در محدوده‌ای با موجودی ۲۰۰ مترمکعب در هکتار، میزان رویش سالانه در هکتار ۴/۳ مترمکعب در هکتار است (۲/۱۵۲×۲۰۰). بدین ترتیب با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌توان به نقشه میزان رویش حجمی سالانه در هکتار دست یافت. شکل شمارهٔ (۴) این نقشه را در محدودهٔ مطالعاتی نشان می‌دهد.

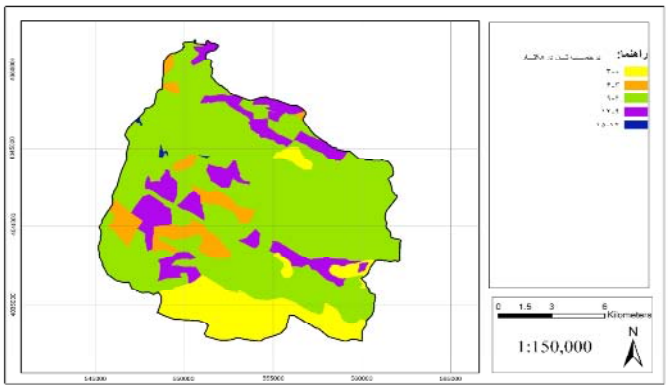
لازم است تا به منظور تبدیل میزان رویش حجمی به رویش وزنی، رقم مربوط به رویش حچمی هر تیپ در میزان جرم حجمی هر تیپ(با استفاده از میانگین وزنی) ضرب شود. شکل شمارهٔ (۵) نقشه متوسط رویش وزنی سالانه را در محدودهٔ مورد مطالعه نشان می‌دهد. با معلوم بودن نقشهٔ میزان رویش وزنی در هر هکتار و با توجه به اینکه به ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک ،به میزان ۱/۶۳ کیلوگرم کربن توسط اکوسیستم جنگلی تثبیت می‌شود، می‌توان به نقشهٔ میزان دی اکسید کربن جذب شده در منطقه دست یافت. شکل شمارهٔ (۶) این نقشه را نشان می‌دهد. بدین ترتیب اولین مرحله از فرایند کار، یا برآورد کمی مقادیر صورت می‌پذیرد.



شکل شمارهٔ (۴): متوسط رویش حجمی سالانه



شکل شمارهٔ (۵): متوسط رویش وزنی سالانه



شکل شمارهٔ (۶): نقشه میزان جذب سالانه گاز دی اکسید کربن

چگونگی برآورد ارزش عملکرد جذب گاز دی‌اکسیدکربن

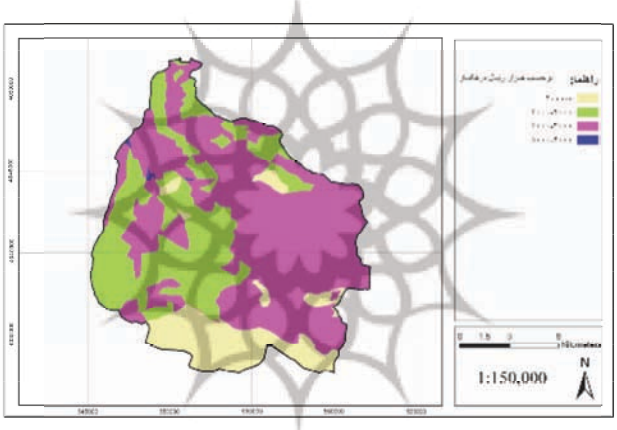
روش‌های متفاوتی به منظور برآورد ارزش جذب دی اکسید کربن توسط اکوسیستم‌های جنگلی وجود دارد. از جمله مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به روش هزینه جایگزین، هزینه پیشگیری از خسارت، هزینه اجتناب شده و روش انتقال منافع اشاره کرد. در تحقیق حاضر از روش هزینه جایگزین[۴] به منظور ارزشگذاری استفاده شده است. این روش که یکی از روش‌های مبتنی بر هزینه است، اولین بار توسط شابمن و بتیه در۱۹۷۸ استفاده شده است (Shabman, & Batie, 1978,Pagiola, et al., 2004). در این روش ارزش کالاها و خدمات اکوسیستمی بر حسب هزینهٔ لازم برای جایگزین‌کردن خدمت اکوسیستمی مربوطه با مکانیسم‌های انسان ساخت محاسبه می‌شود (Joens, et al., 2000). در سالهای اخیر با توجه به تشدید پدیدهٔ تغییر اقلیم ناشی از اثر گازهای گلخانه‌ای، گاز دی اکسید کربن تولید شده در اثر فرایندهای صنعتی به صورت مصنوعی از جو جمع‌آوری و ذخیره سازی می‌شود. پروژه‌های جذب و ذخیره‌سازی دی اکسید کربن[۵]، شامل فرایندهای جداسازی Co_2 از منابع تولید کننده، و انتقال آن به مکان‌های جمع‌آوری است.

از جمله عمده‌ترین مراکز تولیدکننده Co_2 می‌توان به نیروگاههای سوخت فسیلی، کارخانجات سیمان، صنایع ذوب فلزات، کارخانجات تولید هیدروژن و آمونیاک، صنایع پتروشیمی و فرایند استخراج سوخت‌های فسیلی اشاره کرد. در فرایند CCS گاز دی‌اکسید کربن پس از جذب و متراکم سازی به مکان‌های ذخیره سازی منتقل می‌شود. در پی این انتقال که بیشتر با خطوط لوله صورت می‌گیرد ، مقادیر متنابهی از این گاز در اعماق۵۰۰ تا۲۰۰۰ متری زمین یا اعماق بیش از ۳۰۰۰ متری اقیانوس‌ها دفن می‌شود (IPCC, 2005). در حال حاضر بزرگترین پروژهٔ CCS که در دنیا در حال کار است، محل ذخیره‌ای واقع در دریای شمال است که به طور متوسط از سال ۱۹۹۶ تاکنون سالانه، یک میلیون تن Co_2 را در خود جای داده است.پیش بینی می‌شود حداکثر ظرفیت جذب صنعتی Co_2 تا سال ۲۰۱۲ در جهان به ۵۸۴ میلیون تن برسد(OECD, 2007). آمریکا به عنوان پیشگام فرایند جذب و ذخیره سازی صنعتی Co_2 در جهان با دارا بودن بیش از ۲۵۰۰ کیلومتر خط لوله انتقال، سالانه ۴۰ میلیون تن Co_2 را در مکان‌های جذب ذخیره می‌کند(IPCC, 2005). جدول شمارهٔ (۲) هزینهٔ جذب، انتقال و ذخیره سازی Co_2 به روش‌های صنعتی را در سال ۲۰۰۷ نشان می‌دهد.

جدول شمارهٔ (۲): هزینهٔ جذب، انتقال و ذخیره سازی صنعتی گاز Co_2 (IPCC, 2005)

نوع عملکرد	نوع عملکرد	هزینه بر حسب US$/ton	میانگینUS$/ton	میانگین هر عملکردUS$/ton
جذب	جذب از نیروگاههای گازی، یا زغالی	۱۵ تا ۷۵	۴۵	۴۸/۳
	جذب از کارخانه‌های تولید هیدروژن و آمونیاک	۵ تا ۵۵	۳۰	
	جذب از سایر منابع صنعتی	۲۵ تا ۱۱۵	۷۰	
انتقال	انتقال به محل ذخیره	۱ تا ۸	۴/۵	۴/۵
ذخیره سازی	ذخیره در زمین	۰/۵ تا ۸	۴/۲۵	۱۰/۸
	ذخیره در اقیانوس‌ها	۵ تا ۳۰	۱۷/۵	
جمع هزینهٔ کلیهٔ مراحل ذخیره سازی		۶۳/۳		

با توجه به این جدول میانگین هزینهٔ جذب و ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن به روش صنعتی در سال ۲۰۰۵ معادل ۶۳/۳ دلار به ازای هر تن است. با توجه به این‌که نرخ رسمی دلار در ایران در سال ۱۳۸۶معادل ۹۲۸۵ ریال است(بانک مرکزی ۱۳۸۷)، معادل ریالی ارزش جذب هر تن دی اکسید کربن ۵۹۰/۵ هزار ریال است. البته باید توجه داشت با وجود هزینهٔ بالایی که این روش کاهش دی‌اکسیدکربن در جو به دنبال دارد، از خطرهای احتمالی نیز در آینده مصون است که از آن جمله می‌توان به کاهش اسیدیتهٔ (pH) آب به دنبال ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن در اقیانوس‌ها اشاره کرد. این موضوع که ناشی از انحلال بخشی از دی‌اکسیدکربن در آب و تولید اسیدکربنیک است، می‌تواند حیات آبزیان را مورد مخاطره قرار دهد. شکل شمارهٔ (۷) چگونگی توزیع مکانی ارزش خدمت اکوسیستمی جذب دی اکسیدکربن در منطقهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل شمارهٔ (۷) مشخص شده است، منطقهٔ مورد مطالعه از نظر میزان ارزش خدمت اکوسیستمی جذب گاز Co_2 در چهار طبقه متفاوت از ارزش قرار گرفته است. این طبقات از حداقل ۰- ۲ میلیون ریال تا حد اکثر ۶ تا ۸ میلیون ریال در هر هکتار تفاوت دارند.



شکل شمارهٔ (۶): نقشهٔ توزیع مکانی ارزش سالانه جذب گاز دی اکسید کربن

یافته‌های تحقیق

محاسبهٔ میانگین ارزش در هکتار با استفاده از نرم افزار Arc GIS که فقط به منظور به دست دادن متوسطی از میزان ارزش در هکتار در منطقهٔ مطالعاتی صورت گرفته است، حاکی از دارا بودن ارزش میانگینی معادل ۳/۹۳ میلیون ریال در هکتار است. بدین ترتیب عرصه ۲۰۵۸۲/۴۹ هکتاری از منطقهٔ مورد مطالعه سالانه از ارزشی معادل ۸۰۸۸۹ میلیون ریال فقط در زمینهٔ جذب گاز Co_2 برخوردار است. به بیان دیگر ارزش منطقهٔ مورد مطالعه در زمینهٔ جذب گاز Co_2 سالانه بالغ بر ۸۰ میلیارد ریال است.

این رقم چشمگیر و قابل توجه، فقط ارزش یکی از خدمات اکوسیستمی در بخشی از حوزه ۴۵، از تعداد ۱۰۳ حوزهٔ جنگل‌های خزری است. مسلماً در صورت موجود بودن اطلاعات مربوط به تیپ جنگل و میزان موجودی در هکتار می‌توان با استفاده از الگوی ارائه شده، ارزش خدمت اکوسیستمی جذب گاز Co_2 را در کل عرصه ۱/۹ میلیون هکتاری ازجنگل‌های خزری محاسبه کرد که در حال حاضر با توجه به عدم وجود اطلاعات مربوط این کار میسر نیست.

تفاوت در میزان ارزش در هکتار این خدمت از کمتر از ۲ تا بیش از ۶ میلیون ریال در هکتار، فقط در محدودهٔ ۲۰ هزار هکتاری مورد مطالعه، بخوبی مبین وجود ارتباط میان میزان ارزش خدمات با خصوصیات اکولوژیک سرزمین مانند تراکم پوشش گیاهی، میزان رویش سالانه در هکتار، تیپ جنگل و نوع گونه‌های گیاهی است.

بحث و نتیجه‌گیری

دستیابی به اطلاعات مکاندار در رابطه با ارزش خدمات اکوسیستمی می‌تواند کمک شایانی به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران سرزمین در ارتباط با انجام ارزیابی‌های مکاندار و دقیق کند که این در ممانعت از بروز بسیاری از خطاهای ناشی از یکسان‌پنداری عرصه و استفاده از

برآوردهای میانگین مؤثر است. بنابراین لازمهٔ انجام ارزشگذاری مکانی، دستیابی به آمار و اطلاعات به روز در زمینه منابع موجود است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در رابطهٔ با اکوسیستم‌های جنگلی شمال کشور، از ۱۰۳ حوزهٔ جنگلی شمال کشور تاکنون تنها ۴۵٪ از حوزه‌ها دارای طرح جامع جنگل‌داری هستند که متأسفانه برخی از این طرح‌ها به واسطهٔ عدم مهارت و کفایت علمی برخی از مشاوران تهیه‌کنندهٔ طرح، با کاستی‌های فراوانی روبرو است.

بنابراین پیشنهاد می‌شود طرح جامع جنگل‌داری در کل جنگل‌های خزری با شرح خدمات معین و یکسان و نظارت دقیق کارفرما (سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور) به اجرا درآید. مسلما با انجام این کار افق جدیدی در شناخت دقیق‌تر ارزش خدمات اکوسیستم‌های جنگلی گشوده خواهد شد و امکان ارزشگذاری یکپارچه و مکاندار جنگل‌های خزری فراهم می‌شود.

از سوی دیگر جنگل‌های خزری به واسطهٔ کوهستانی بودن و برخورداری از گرادیان ارتفاعی، هم‌جواری با دریا، قدمت فراوان و سایر خصوصیات منحصر به فردی که دارا هستند، از تنوع بسیاری از نظر تعدد گونه‌های گیاهی و جانوری، وضعیت اقلیم، شیب، جهت، ارتفاع، هیدرولوژی و تراکم پوشش گیاهی برخوردارند. با توجه به این موضوع در تعیین ارزش کالاها و خدمات اکوسیستمی، توجه به ابعاد فضایی و مکانی در این‌گونه اکوسیستم‌ها بسیار مهم است چرا که تغییر خصوصیات مکانی به میزان زیادی بر میزان ارزش خدمات تأثیرگذار خواهد بود. بنابراین لازم است تا در ارزش‌گذاری‌ها به خصوصیات و تفاوت‌های مکانی توجه شده و از برآوردهای میانگین و همگن پنداشتن منطقه پرهیز شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری کلیه کارشناسان ادارهٔ کل منابع طبیعی نوشهر و همچنین مسئولان محترم »جنگل علمی – پژوهشی خیرود کنار» که انجام این تحقیق را با مساعدت‌های و راهنمایی‌های خود میسر کردند قدردانی می‌شود.

یادداشت‌ها

1-Groos National Product
2-Tropical Forests
3-Intergovernmental Panel on Climate Change
4-Carbon Capture and Storage
5-Replacement Cost Method (CCS)

منابع مورد استفاده

ادارهٔ کل منابع طبیعی نوشهر .۱۳۸۵. طرح مطالعاتی کاربردی خواص مهندسی چوب‌های جنگلی شمال کشور–آزمایشگاه مکانیک چوب کلارآباد.

ادارهٔ کل منابع طبیعی نوشهر .۱۳۸۶. مطالعات طرح جامع جنگل‌داری چند منظورهٔ حوزهٔ آبخیز ۴۵ گلبند.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. ۱۳۸۷. میانگین نرخ رسمی دلار در سال ۱۳۸۶.

بلندیان، ه. ۱۳۷۸. شناخت جنگل انتشارات دانشگاه بین المللی امام خمینی، تهران صفحه ۸۳

زبیری، م. و همکاران .۱۳۸۳.طرح پژوهشی کاربردی ارزیابی وضعیت کمی و کیفی جنگل در مطالعات دوره‌ای جنگل‌های شمال کشور دانشگاه تهران. دانشکدهٔ منابع طبیعی کرج.

قانون برنامهٔ چهارم اقتصادی – اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران .۱۳۸۳. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
مخدوم، م.۱۳۸۰. شالودهٔ آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، تهران صفحه ۱۳۳

$ GJ HLV: DQG HWDO 7 RWDO HFRQRP IF YDOXHRI IRUHWVLQ0 H IFR $ P EIR YRO SS ±
Bann,C .1997. An Economic Analysis of Tropical Forest Land Use Options:Ratanakiri province.Cambodia, Singapore. Economy and Environment Program for Southeast Asia.

Beniston,M. 2000. Environmental Change in Mountains and Uplands. Arnold, London.

&RP P RQ0 ,QWHUQDWLRQDO (FRORJLFDO (FRQRPLFV 0 RQHWDU\ YDOXDWLRQ± www.ecoceco.org

Clarkson,R. 2000. Estimating the social cost of carbon emissions, London: Department of the environment, Transport and the region.

Costanza,R. and et al. 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, 387, 253-260.

Fankhauser,S. 1994. A point estimates of the estimates of the economic damage from Global Warming. Center for social and economic researches on the global environment .CSERGE Discussion paper 92, University of East Anglia and University College London.

Guo,Z. and et al. 2001. Ecosystem functions , Services and their values a case study in Xingshan county of China Ecological Economics 38:141-154

Heywood,D. and et al .1994. Mountain Regions and Geographic Information Systems: an over view. In Mountain Environments and Geographic Information system (ed M . F. Price) Taylor and Francis, London.

Ian.B.1991. Placing Money values UN the unpriced benefit of forest. Q.J for 85(3):152-165

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change .2005.IPCC special report on carbon Dioxide capture and storage. Prepared by Working Group III of the intergovernmental panel on climate change , Cambridge University Press, Cambridge , UK and New York ,NY,USA 442 PP.

Jones,G.E., B.,Davies, S.,Hussain .2000., ecological economics, an introduction Black well science.

. DUP]DGHJDQ+ DQGHVWDO 9DXLQJ IRUHVWDQG UDQHDQGV± (FRV WWP VHUYLFHV,QWHUQDWRQDO-RXUQDO of Environmental Researches.1(14) 368-377

Kreuter,U.P.and et al .2001. Change in ecosystem service values in the san Antonio area, Texas Ecological Economics 39(333-346)Li, J., Ren, Z., Zhou, Z., 2006.,. Ecosystem Services and Their Values: a Case Study ILQWKH4 ILQED0 RXQWDLQVRI &KLQD (FRORJLFDO5 HVHDUFKHV ±

Li, J., Ren, Z., Zhou, Z., 2006, Ecosystem Services and Their Values : a Case Study in the Qinba Mountains RI &KLQD (FRORJLFDO5 HVHDUFKHV ± .

MacDicken, K.G .1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry project. Winrock international institute for agricultural development forest carbon monitoring program. 91p.

Manne,A.S and R.G. Richels .1991. Global Co_2 Emission Reduction .The impact of rising energy cost . The Energy Journal 12(1) 87-108.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment) . 2005. Ecosystems and Human Well-Being General Synthesis. World Resources Institute, Washington DC.

Myers,N. 1996. Environmental services of biodiversity. Proceeding of the National Academy of Sciences, 93: 2764-2769.

1 LQDQ. DQG HWDO 7KH(FRQRP IFVRI %LRGLYHUVLW &RQVHUYDWRQ± 9 DXDWRQ IQ7 URSIFDO) RUHVW (FRV WHP V± ($ 57+6&$ 1 ± / RQGRQ

OECD .2007. Carbon capture and storage in the CDM International Energy Agency. France Paris.

Regamey, A.G., S.,Kytzia . 2007., Integrating the valuation of ecosystem services into the Input-Output economics of an Alpines region. Ecological Economics 63(4):786-798.

Robert, K.D. 1993. Conservation and Sequestration of carbon. The potentials of forest and agro forest management practices .Global Environ Change.2:162-173.

Shabman, L.A. & S., Batie .1978. Economic value of Natural coastal wetland, A Critique. Coastal Zone Management Journal 4(3): 231-247.

Solberg, B. 1997. Forest biomass as carbon sink-economic value and forest management policy. In economics of carbon sequestration in forestry, edited by Roger, R., Sedjo, A., Neil Sampson, R. and Wisniewski, J. USA, CRC Press, PP 323-333.

Stapleton, L.M., G.D.,Garrod .2008. Do we ecologically model what we economically value? Ecological Economics, 65 (3), 531-537

Strange,N.and et al. 1999 . A four-stage approach to evaluate management alternatives in multiple-use forestry. Forest Ecology and Management, 124: 79-91.

Tappeiner,U., E.,Tasser, G.,Tappeiner, .1998. Modeling vegetation patterns using natural and anthropogenic influence factors: preliminary experience with a GIS based model applied to an Alpine area. Ecol. Model.
±

Thomas, J.G. 1990. Balancing Atmospheric Carbon Dioxide. Ambio 19(5):230-236

Titus, DB. 1992. Using tropical forest to fixed atmospheric carbon: The potencial in theory and practice .Ambio 21(6):414-419.

Tol, R. and et al. 2000. How much damage will climate change do? Recent estimates, World Economics,
±

Troy, A. and M. A., Wilson .2006. Mapping Ecosystem Services: Practical Challenges and Opportunities in / LQNLQJ * ,6 DQG 9 DXH7 UDQVHU (FRORJ LFDO(FRQRP LFV ±

Xue.D. and C., Tisdell. 2001. Valuing ecological functions of biodiversity in Changbashan mountain biosphere reserve in Northeast china, Biodiversity and conservation, 10, 467-481

Zhao,B.and et al. 2004. An ecosystem service value assessment of land-use change on Chongming Island, China, Land Use Policy ±

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی