فصلنامهٔ کواترنری ایران (علمی- پژوهشی)، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۶
ص ۱۰۷-۱۱۶

آنتروپوژئومورفولوژی: نقش انسان در تغییر چهرهٔ زمین

رضا خوش‌رفتار*؛ استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۰

چکیده

آنتروپوژئومورفولوژی شاخهٔ تقریباً جدیدی از علم ژئومورفولوژی است که به بررسی نقش انسان در تغییر چهرهٔ لندفرم‌ها و اصلاح عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژیکی مانند هوازدگی، فرسایش، حمل و نهشته‌گذاری می‌پردازد. افزایش میزان فرسایش خاک در نتیجهٔ تغییر کاربری اراضی، نمونه‌ای از تأثیرات غیرمستقیم انسان بر فرایندها و لندفرم‌هاست. با توجه به اینکه درصد رشد جمعیت، شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفی و کمّی فرایندهای متأثر از عملکرد انسان نخواهد بود، معادلهٔ پتانسیل آنتروپوژئومورفولوژیکی معرفی شده است که دو عنصر اساسی آن درجهٔ توسعه‌یافتگی (میزان دخالت در محیط) و میزان درک و آگاهی مردم (فرسایش ناشی از عملکرد انسان) است. بر این اساس، هر چه درجهٔ توسعه‌یافتگی و میزان آگاهی‌های محیط‌زیستی مردم کمتر باشد، پتانسیل فرسایش ناشی از عملکرد انسان افزایش خواهد یافت. برای ارزیابی پتانسیل آنتروپوژئومورفولوژیکی با استفاده از روش نیر، ۳۱ کشور از قاره‌های متفاوت انتخاب و بررسی و شاخص I آن‌ها بین ۰-۱ محاسبه شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، کشورها در سه گروه با پتانسیل آنتروپوژئومورفولوژیکی کم (I<۰/۳۰)، متوسط (۰/۴۹≥ I ≥ ۰/۳۰) و زیاد (I ≥۰/۵۰) تقسیم‌بندی شد. کشورهای مجارستان، ایران و شیلی به ترتیب در گروه پتانسیل آنتروپوژئومورفولوژیکی کم، متوسط و زیاد قرارمی‌گیرند. بر همین اساس، اقدامات مقتضی مدیریتی و مهندسی باید انجام شود.

کلیدواژه‌ها: **آنتروپوژئومورفولوژی، درجهٔ توسعه‌یافتگی، فرسایش خاک، میزان آگاهی.**

مقدمه

جغرافیدانان، ژئومورفولوژیست‌ها و زمین‌شناسان از مدت‌ها قبل، انسان را عاملی ژئومورفولوژیکی می‌دانستند، اما در مطالعاتشان به نقش انسان در تغییر لندفرم‌ها توجهی نشد (دوئر و گوئرنسی، ۱۹۵۶). اصطلاح آنتروپوژئومورفولوژی را در سال ۱۹۶۴، نخستین‌بار گولومب[1] و ادر[2] به‌کار بردند. یک سال بعد در سال ۱۹۶۵، در کنگرهٔ بین‌المللی جغرافیدانان در ریودو ژانیرو برزیل، ادوین فلز[3] از اصطلاح ژئومورفولوژی با منشأ انسانی[4] استفاده کرد (تامورا، ۱۹۷۶). با افزایش جمعیت و پیشرفت فناوری و بهره‌برداری بیشتر از منابع طبیعی، نقش انسان به‌عنوان عاملی ژئومورفولوژیکی در تغییر چهرهٔ زمین افزایش یافت.

آنتروپوژئومورفولوژی[5] یا آنتروپوژنیک ژئومورفولوژی شاخه‌ای از ژئومورفولوژی است که به بررسی نقش انسان در تغییر چهرهٔ لندفرم‌ها (نیر، ۱۹۸۳: ۳) و اصلاح عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژیکی مانند هوازدگی، فرسایش، حمل و نهشته‌گذاری می‌پردازد (گودی، ۲۰۰۴).

* تلفن: ۰۹۱۱۳۳۱۴۴۳۴ E:mail:khoshraftar@znu.ac.ir

1. Golomb
2. Eder
3. Edwin Fels
4. antropogene geomorphologie
5. antropogeomorphology

لورانت (۲۰۱۰)، علاوه‌بر ویژگی‌های فوق، پیش‌بینی معادلات به‌هم‌ریختهٔ طبیعی و فرموله‌کردن تأثیرات نامساعد انسان را بخشی از قلمرو آنتروپوژئومورفولوژی می‌داند. هاف (۲۰۰۳) مطالعهٔ نقش بشر در تغییر چشم‌اندازهای کنونی و آینده را نئوژئومورفولوژی[1] نامید و معتقد است اقدامات مدیریتی و فعالیت‌های مهندسی انسان به تغییرات گستردهٔ چشم‌اندازها می‌انجامد.

بعضی لندفرم‌ها، مانند تراس‌های ایجادشده در زمین‌های کشاورزی، کانال‌های آبیاری، مخازن سدها، چاله‌های بزرگ به‌جامانده از بهره‌برداری معادن، پشته‌های طویل در امتداد جاده‌ها و سنگرها و چاله‌های ایجادشده طی عملیات نظامی، که از لحاظ شکل کاملاً متمایز از فرایندهای طبیعی است، مستقیماً طی فرایندهای آنتروپوژنیکی ایجاد می‌شود. لندفرم‌های ایجادشده طی فرایندهای آنتروپوژنیکی غیرمستقیم به‌آسانی شناسایی‌پذیر نیست، مگر اینکه فرایندهای طبیعی را تشدید کند. این‌گونه لندفرم‌ها حاصل تغییرات محیط‌زیستی است که در نتیجهٔ فعالیت‌های انسان شکل گرفته است. انسان‌ها از طریق بریدن، سوزاندن و چرای مفرط باعث تغییر و تخریب پوشش گیاهی می‌شوند و در نهایت سرعت فرسایش و رسوبگذاری تغییر می‌یابد.

گاه، مانند مواردی که در زمین‌های زراعی و خندق‌های بزرگ شکل می‌گیرد، پیامدها کاملاً بارز و آشکار است. فرونشینی زمین در اراضی زراعی در نتیجهٔ برداشت زیاد آب‌های زیرزمینی، تحریک زمین‌لغزش‌ها به‌دلیل عبور کامیون‌ها و تریلی‌ها از مناطق کوهستانی مستعد زمین‌لغزش، شکل‌گیری چاله‌های انحلالی سطحی در نتیجهٔ بهره‌برداری از معادن زیرسطحی و شورشدن سریع خاک‌ها در مناطقی که با آب‌های شور آبیاری می‌شوند، نمونه‌هایی از تأثیرات غیرمستقیم انسان بر فرایندها و لندفرم‌هاست (گودی، ۲۰۰۴). از نظر افلاطون، انحطاط باروی یونان قدیم، ناشی از نابودی جنگل‌های کوهستانی و فرسایش خاک بود (داسمن، ۱۳۶۳: ۱۵۲). شاید انهدام پوشش گیاهی یا چرای بیش از حد، عامل ازبین‌رفتن تمدن سند باشد (وایت هاوس، ۱۳۶۹: ۱۶۷).

کتاب *انسان و طبیعت یا جغرافیای طبیعی اصلاح‌شده توسط انسان* نوشتهٔ جرج پرکینز مارش (۱۸۶۴) در نیمهٔ دوم قرن نوزدهم، اگرچه صرفاً به ژئومورفولوژی اختصاص نداشت، می‌توان آن را نخستین اثر مدونی دانست که به بررسی نقش انسان در تغییر چهرهٔ طبیعت اختصاص دارد. ادامهٔ کار مارش را می‌توان در کتاب *انسان عامل زمین‌شناختی*[2]، تألیف روبرت لیونل شرلوک[3] (۱۹۲۲) جستجو کرد. شرلوک عنوان کرد، به‌نظر می‌رسد که به‌طور کلی سرعت تخریب[4] به‌شدت در حال افزایش است. تألیف کتاب *انسان، جامعه و محیط‌زیست* در شوروی سابق (آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی، ۱۳۷۲) نشان‌دهندهٔ نقش انسان در تغییر چهرهٔ زمین بر اساس ایده‌های سوسیالیستی است.

با توجه به اهمیت مسائل مربوط به تغییرات ایجادشده توسط انسان، در سال ۱۹۵۵، سمپوزیوم بین‌المللی با عنوان نقش انسان در تغییر چهرهٔ زمین در دانشگاه پرینستون آمریکا برگزار شد که مجموعه مقالات سمینار در دو جلد به چاپ رسید.

گودی (۱۹۸۱)، در کتاب *تأثیر انسان*، در هر یک از بخش‌های کتاب به بررسی تأثیر انسان بر یکی از اجزای طبیعت، مانند پوشش گیاهی، آب و ژئومورفولوژی پرداخته است. نیر (۱۹۸۳) در کتاب *انسان عامل ژئومورفولوژیکی*، به‌طور مشخص به نقش انسان در تغییر لندفرم‌ها پرداخت. سرفصل‌ها و موضوعات مطرح‌شده در این کتاب چارچوب اصلی آنتروپوژئومورفولوژی را تشکیل داده است، از جمله ژئومورفولوژی سکونتگاه‌ها، ژئومورفولوژی کشاورزی، معدن‌کاری و آثار آن، و مدیریت ساحل.

پانیزا (۱۹۹۶) در کتاب *ژئومورفولوژی محیط‌زیستی محیطی*، پیامدهای ژئومورفولوژیکی تعدادی از فعالیت‌های عمدهٔ انسان مانند شکار، کشاورزی، بهره‌برداری از معادن و انجام کارهای مهندسی (مانند سدسازی و راه‌سازی) را بررسی کرد. در سلسله سمپوزیوم ژئومورفولوژی بینهامتون آمریکا نیز موضوع نقش انسان در تغییر سیستم‌های طبیعی به‌صورت مستقیم (نقش انسان در تغییر سیستم‌های جریانی در سال ۲۰۰۶) و غیرمستقیم (سدها و ژئومورفولوژی در سال ۲۰۰۲) بررسی شده است.

---

1. neogeomorphology
2. *Man as a Geological Agent*
3. Robert Lionel Sherlock
4. Denudation

همچنین، سزابو و همکاران (۲۰۱۰)، در قالب کتابی با عنوان *آنتروژنیک ژئومورفولوژی*، با ارائهٔ ۱۷ مقاله از نویسندگان متفاوت، به بررسی موضوعات ژئومورفولوژی انسانی پرداختند. آخرین اثر چاپ‌شده در این مورد باز هم در قالب مجموعه مقالاتی با عنوان *بررسی‌هایی دربارهٔ ژئومورفولوژی محیطی و کاربردی*، با گردآوری پیاسنتینی و میکادی (۲۰۱۲) تدوین شده است.

علاوه‌بر کتب فوق، مقالات زیادی به بررسی نقش انسان در تغییر لندفرم‌ها و پیامدهای مخرب آن پرداخته‌اند. از میان آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: «انسان عامل ژئومورفولوژیکی: معدن‌کاری زغال‌سنگ» (دوئر و گوئرنسی (۱۹۵۶)، «اراضی شیبدار شهری در مناطق گرمسیری: محیطی با فرسایش شدید» (گوپتا و احمد، ۱۹۹۹)، «طبقه‌بندی آثار ژئومورفولوژیکی پایین‌دست سدها» (براندت، ۲۰۰۰)، «تأثیر انسان بر کارست در شهر لوزاکای زامبیا» (دی وایله و فولسا، ۲۰۰۴)، «تأثیر انسان بر سیستم‌های جریانی در منطقهٔ مدیترانه» (هوک، ۲۰۰۶)، «تأثیر انسان بر انتقال رسوب از خشکی به اقیانوس توسط رودها» (والینگ، ۲۰۰۶)، «تأثیر گردشگری بر خاک‌های ژئوپارک جهانی زهانگ جیایجی چین» (کیانگ، ۲۰۰۶)، «تأثیرات جنگ بر ژئودایوریستی و میراث زمین در غارهای کارستی شمال لائوس» (کیرنان، ۲۰۱۲).

این نمونه‌ها و بسیاری دیگر از منابع که تعداد آن‌ها به‌سرعت در حال افزایش است، نشانگر نقش فزایندهٔ انسان در تغییر لندفرم‌ها و فرایندهای سازندهٔ آن‌هاست. اهمیت تغییرات ایجادشده توسط بشر روی خشکی‌ها، اقیانوس‌ها و اقلیم کرهٔ زمین به‌حدی گسترده و جدی بوده است که عده‌ای از دانشمندان آن را عصر جدیدی در زمین‌شناسی، آنتروپوسن[1]، نامیده‌اند (زالاسویکس و همکاران، ۲۰۱۰). اصطلاح آنتروپوسن که به‌طور گسترده دانشمندان سیستم‌زمین[2] استفاده کرده‌اند، بیانگر آن است که در حال حاضر سیارهٔ زمین در نتیجهٔ فعالیت‌های انسان و فناوری که به سیستم‌های اجتماعی قدرت بیشتری می‌دهد، در حال تخریب و نابودی است (دالبای، ۲۰۰۴).

هدف این مقاله، بررسی نقش انسان به‌عنوان عامل آنتروپوژئومورفولوژیکی، به‌ویژه در مورد تشدید فرسایش خاک است تا در نهایت اقدامات مناسب مدیریتی و مهندسی برنامه‌ریزی شود.

مواد و روش‌ها

هر علمی با روش‌شناسی و میدان عملکرد خود مشخص می‌شود. میدان عملکرد آنتروپوژئومورفولوژی به کیفیت و فلسفهٔ روش‌های مورد استفاده بستگی دارد (نیر، ۱۹۸۳: ۱۳۱). به‌رغم پژوهش‌های زیادی که در این شاخه از ژئومورفولوژی انجام‌شده، هنوز روش پژوهشی جامعی وجود ندارد که به‌طور گسترده مورد قبول اکثریت باشد (روزسا، ۲۰۰۷). روش‌های پژوهش در آنتروپوژئومورفولوژی عبارت‌اند از:

۱. بررسی منطقهٔ قبل و بعد از مداخلهٔ انسان. مناسب‌ترین راه بررسی دخالت انسان در دوره‌ای مانند تغییر کاربری اراضی، بررسی منطقه قبل و بعد از مداخلهٔ انسان است. این روش قدیمی‌ترین روش تحقیق در آنتروپوژئومورفولوژی است و با توجه به وجود عکس‌های تاریخی، هوایی و تصاویر ماهواره‌ای مربوط به زمان‌های متفاوت، مقایسهٔ زمان حال و گذشته، همچنین پیش‌بینی میزان تغییرات و دخالت در آینده، بسیار مؤثر است.

۲. شبیه‌سازی فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی. در این روش، فرایند خاصی در شرایط ساختگی و مصنوعی بررسی شده است. از جمله موارد استفاده از این روش می‌توان به تأثیر گسترش نوع خاصی از کشاورزی مانند کاشت کاکائو در آمریکای جنوبی، قطع درختان در منطقهٔ آمازون و تغییر رفتار آب‌های سطحی بعد از ایجاد جاده‌ها اشاره کرد. ایجاد شرایط آزمایشگاهی در بررسی میزان فرسایش خاک اهمیت بسیار زیادی دارد، اما باید در تعمیم نتایج احتیاط‌های لازم به‌عمل آمد، زیرا در شرایط آزمایشگاهی عوامل اصلی بررسی و سایر موارد، ثابت فرض می‌شود. مزیت این روش، کمّی‌بودن آن است و در موارد مشابه، داده‌ها تعمیم‌پذیر است.

1. Anthropocene
2. earth system scientists

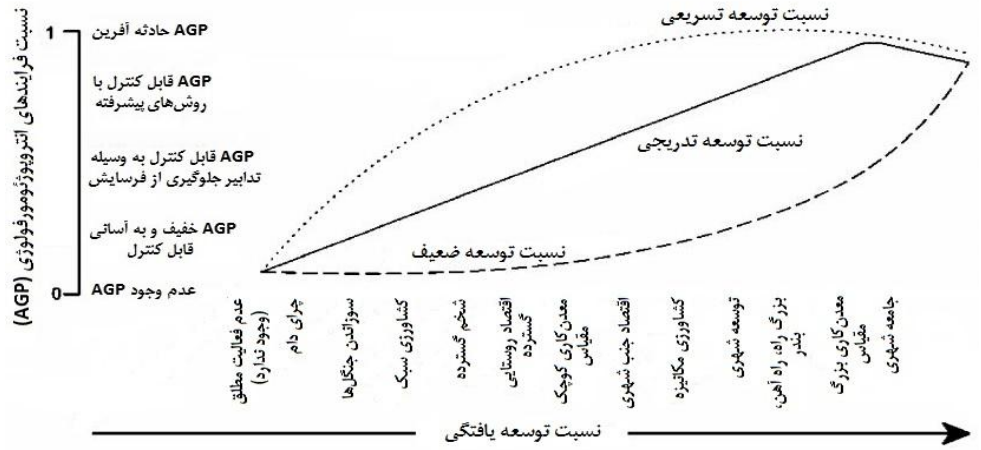
۳. بررسی محیط‌های انسان‌ساخته. اندازه‌گیری دبی جوی‌های شهری و آب‌گذرهای زیر جاده و خیابان[1]، میزان رسوب تجمع‌یافته در پشت موج‌شکن، تغییر میزان رسوب‌دهی رودی که بخش بزرگی از حوضهٔ آبریز آن به محیط شهری و صنعتی تبدیل شده، نمونه‌هایی از تغییرات ایجادشده توسط انسان است. در این روش، مقادیر کمّی فرایندها به‌دست می‌آید. ترکیب داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها، مسئله‌ای غامض و پیچیده است. مطالعات انجام‌شده به شکل‌گیری دیدگاهی ترکیبی کمک می‌کند.

۴. بررسی رفتار اجتماعی- اقتصادی. به‌دلیل نقش انسان در فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژی، نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های فوق، فقط با درنظرگرفتن شرایط زمانی و مکانی معنادار خواهد بود. دلیل این محدودیت، متفاوت‌بودن انسان به‌عنوان فاکتور اصلی از لحاظ زمانی و مکانی است. بنابراین، رفتار انسان موضوعی مهم و اساسی در بررسی‌های آنتروپوژئومورفولوژیکی است.

در ارزیابی کیفی و سپس کمّی فرایندهای متأثر از عملکرد انسان، استفاده از درصد رشد جمعیت، شاخص ارزیابی مناسبی نخواهد بود، زیرا توان اقتصادی، درجهٔ فناوری، همچنین سطح آموزش و میزان درک انسان از منابع زمین ارزیابی نمی‌شود. به‌همین دلیل، معادلهٔ پتانسیل آنتروپوژئومورفولوژیکی معرفی شده است که دو عنصر اساسی آن، درجهٔ توسعه‌یافتگی[2] (DD) و میزان درک و آگاهی مردم[3] (DP) است که به‌ترتیب نشانگر میزان دخالت در محیط و فرسایش ناشی از عملکرد انسان است.

درجهٔ توسعه‌یافتگی

سه حالت عمدهٔ ارتباط بین درجهٔ توسعه و سرعت فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی[4] (AGP) و درجهٔ توسعه‌یافتگی در شکل ۱ نشان داده شده است. هر یک از درجات توسعه، دارای مقادیری از فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی است که بین ۰ تا ۱ تغییر می‌کند و به‌صورت کیفی به پنج قسمت مساوی تقسیم شده است. به کمک این نمودار می‌توان ارتباط بین هریک از مراحل توسعه مانند کشاورزی، شهرسازی و معدن‌کاری را با سرعت فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی به‌طور نسبی، مشخص کرد. علاوه‌بر این، در جدول ۱ ارتباط بین فعالیت‌های بشر و میزان فرسایش خاک ارائه شده است.



شکل ۱. ارتباط بین درجهٔ توسعه و فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژی (نیر، ۱۹۸۳: ۱۳۵)

1. culvert
2. Degree of Development (DD)
3. Degree of Perception (DP)
4. Antropogeomorphological Processes (AGP)

جدول ۱. سرعت فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی

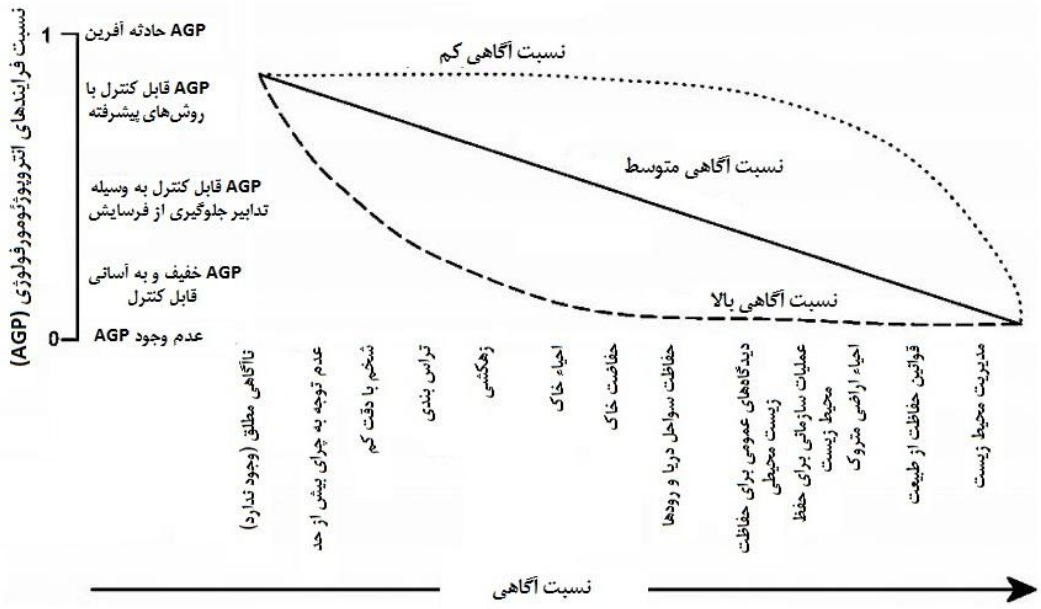
فعالیت بشر	سرعت فرسایش (10^9t/yr)
جنگل‌تراشی	۱
چرای دام	۵۰
شخم اراضی	۱۰۶
فعالیت‌های معدنی	۱۵
راهسازی، ایجاد راه‌آهن و شهرسازی	۱
مجموع	۱۷۳

منبع: (روزسا، ۲۰۰۷)

میزان درک و آگاهی مردم

ارتباط بین درجهٔ آگهی مردم با نرخ فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی در شکل ۲ نشان داده شده است. مانند درجهٔ توسعه‌یافتگی، در این نمودار نیز رابطهٔ بین میزان آگهی و درک مردم با فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی به پنج بخش تقسیم شده است. در شکل ۲، سه منحنی مربوط به نرخ درک پایین، متوسط و بالا ترسیم شده است که به‌طور مقایسه‌ای برای حالت‌های متفاوت میزان درک و آگاهی معیار مناسبی است. وقتی که میزان درک و آگاهی مردم کم باشد، میزان یا نرخ فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی بالاست و با افزایش میزان آگاهی و درک مردم، نرخ فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی کاهش می‌یابد.

هر گونه ارزیابی از سرعت آیندهٔ فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی، به‌دلیل غیرقابل‌پیش‌بینی‌بودن رفتار انسان با مشکل مواجه می‌شود. قوانین فیزیکی حاکم به فرایندها حتی اگر به‌خوبی مطالعه شده باشد، فقط بخشی از کار را تشکیل می‌دهد. انسان معمولاً از روابط ظریف تعادل‌های محیط‌زیستی اطلاعات اندکی دارد و همین مسئله باعث رفتارهای نادرست او در محیط می‌شود (نیر، ۱۹۸۳: ۱۳۸). به‌نظر می‌رسد، برآورد سرانهٔ مقدار خاک جابه‌جاشده بر اثر فعالیت‌های انسان، پارامتر اصلی در کمّی‌کردن تأثیر بالقوهٔ آنتروپوژئومورفولوژی باشد، اما به‌دلیل فقدان داده‌های آماری مناسب و متفاوت‌بودن روش‌های برآورد خاک جابه‌جاشده، دستیابی به این داده‌ها با مشکلات بسیاری همراه است. ارزیابی تأثیرات محیط‌زیستی انسان معمولاً بر اساس معادلهٔ ایلریچ و ایلریچ[1] انجام می‌گیرد (رابطهٔ ۱).



شکل ۲. ارتباط بین میزان درک و آگاهی مردم با فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژی (نیر، ۱۹۸۳: ۱۳۶)

1. Erlich and Erlich

$$I = P \times A \times T \quad (۱)$$

I تأثیر محیطزیستی، P جمعیت، A مصرف سرانه و T فاکتور فناوری است (روزسا، ۲۰۱۰).

بر اساس مدل نیر (۱۹۸۳)، درجهٔ توسعه‌یافتگی با درصد جمعیت شهری[1] یک منطقه یا کشور ارتباط دارد. همچنین، میزان درک و آگهی مردم با درصد بیسوادان[2] ارتباط دارد، زیرا با افزایش بیسوادی، میزان آموزش کاهش می‌یابد. در نتیجه می‌توان درصد بیسوادی جامعه را با میزان درک مردم مرتبط دانست. بنابراین، بر اساس رابطهٔ (۲)، سرعت فرایندهای آنتروژئومورفولوژیکی محاسبه شده است.

$$AGP=UP+DI/2 \quad (۲)$$

AGP فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی، UP درصد جمعیت شهری و DI درصد بیسوادی است.

برای اینکه سرعت فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی با دقت بیشتری محاسبه شود، ارزیابی فاکتورهای محیطزیستی مانند توپوگرافی و آب‌وهوا نیز باید در نظر گرفته شود که در اینجا با عنوان شاخص‌های آب‌وهوایی و توپوگرافیکی از آن‌ها استفاده می‌شود. با درنظرگرفتن تمام موارد فوق، شاخص پتانسیل فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی[3] به‌صورت زیر معرفی شد (رابطهٔ ۳).

$$I=UP+DI/2 .1/100. (K_c+ K_r) \quad (۳)$$

I شاخص پتانسیل فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژی، P درصد جمعیت شهری، DI درصد بیسوادی، و K_c و K_r به‌ترتیب، ضرایب ثابت مربوط به شرایط آب‌وهوایی و توپوگرافیکی است. تعیین نوع اقلیم فاکتور مهمی در فرسایش از نقشهٔ مناطق آب‌وهوایی کوپن[4] استفاده شد. پس از آن ضرایب هر یک از مناطق از جدول استخراج شد. برای تعیین توپوگرافی کشورها به‌عنوان عامل مهم دیگر در فرسایش، ناهمواری غالب (مانند دشتو کوه‌های مرتفع) در هر کشور ملاک قرارگرفت و مانند ضرایب مربوط به آب‌وهوا از جدول ۲ به‌دست آمد. شکل‌ها و نقشه‌ها به‌ترتیب با استفاده از نرم‌افزار اکسل و جی.آی.اس. ترسیم شده است.

جدول ۲. ضرایب مربوط به شرایط آب‌وهوایی و توپوگرافی در شاخص پتانسیل فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی

مناطق آب‌وهوایی	علایم(روش کوپن)	ضریب K_c	توپوگرافی	ضریب K_r
استوایی	A_c	۰/۶	دشت‌ها	۰/۲
موسمی- ساوان	A_w	۰/۸	تپه‌ها	۰/۴
خشک و نیمه‌خشک	B	۰/۶	فلات‌ها	۰/۵
معتدله	C	۰/۴	کوه‌های با ارتفاع متوسط	۰/۶
سرد	D	۰/۶	کوه‌های مرتفع	۰/۸
قطبی	E	۰/۴	-	-

بحث

در سطح جهانی، میزان و حدود فرایندهای ژئومورفیکی انسانی در مقایسه با فرایندهای طبیعی، افزایش قابل‌ملاحظه‌ای یافته است (لوسی، ۲۰۱۰: ۲۵). به‌نظر می‌رسد، بهترین شاخص کمّی در تشریح نقش انسان بر چشم‌اندازها، محاسبهٔ مقدار خاک جابه‌جاشده بر اثر فعالیت‌های آتروپوژئومورفولوژیکی باشد (روزسا، ۲۰۰۷). شاخص I نشانگر تخریب بالقوه و ناشی از فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی کشور است. داده‌های پایهٔ ۳۱ کشور انتخابی از قاره‌های متفاوت، با استفاده از منابع

1. Urban Population (UP)
2. Percentage of Illiteracy (DI)
3. Index of Potential Anthropic Geomorphology (I)
4. Köppen

موجود استخراج شد و پس از محاسبات انجام‌شده بر اساس روابط (۲) و (۳)، نتایج در جدول ۳ و شکل ۳ و ۴ ارائـه شـده است.

بر اساس این تقسیم‌بندی، مقادیر I به سه گروه تفکیک شد. در دهۀ ۱۹۷۰، فقط چهار کشور مجارستان، لهستان، کرۀ جنوبی و تایلند در بخش خطر کم قرارمی‌گرفتند و در کشورهای الجزایر، هند، ایران، مراکش، نپال، سـوریه، تانزانیـا، تونس و زامبیا، فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی باعث خسارات قابل‌توجهی شده است. بقیه کشورها (با توجه به جـدول ۱) در شرایط بینابینی قرارگرفته‌اند (شکل ۵).

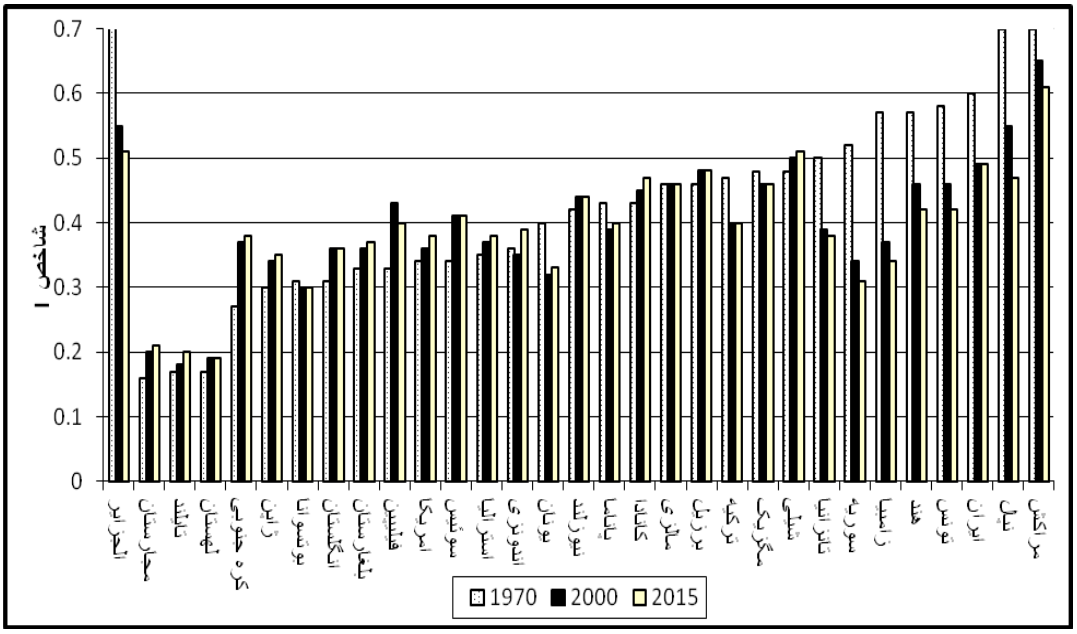
جدول۳. مقادیر I برای ۳۱ کشور در سال‌های ۱۹۷۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵

کشور	شاخص پتانسیل فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژی(I)		
	۱۹۷۰	۲۰۰۰	۲۰۱۵
الجزایر	۰/۷۶	۰/۵۵	۰/۵۱
استرالیا	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۸
برزیل	۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۴۸
بوتسوانا	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۳۰
بلغارستان	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۷
کانادا	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۴۷
شیلی	۰/۴۸	۰/۵۰	۰/۵۱
یونان	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۳۳
مجارستان	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۱
هند	۰/۵۷	۰/۴۶	۰/۴۲
اندونزی	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۹
ایران	۰/۶۰	۰/۴۹	۰/۴۹
ژاپن	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۳۵
مالزی	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۶
مگزیک	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۶
مراکش	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۶۱
نپال	۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۴۷
نیوزلند	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۴
پاناما	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۴۰
فیلیپین	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۴۰
لهستان	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۹
کرۀ جنوبی	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۳۸
سوئیس	۰/۳۴	۰/۴۱	۰/۴۱
سوریه	۰/۵۲	۰/۳۴	۰/۳۱
تانزانیا	۰/۵۰	۰/۳۹	۰/۳۸
تایلند	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۰
تونس	۰/۵۸	۰/۴۶	۰/۴۲
ترکیه	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۴۰
انگلستان	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۳۶
امریکا	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۸
زامبیا	۰/۵۷	۰/۳۷	۰/۳۴

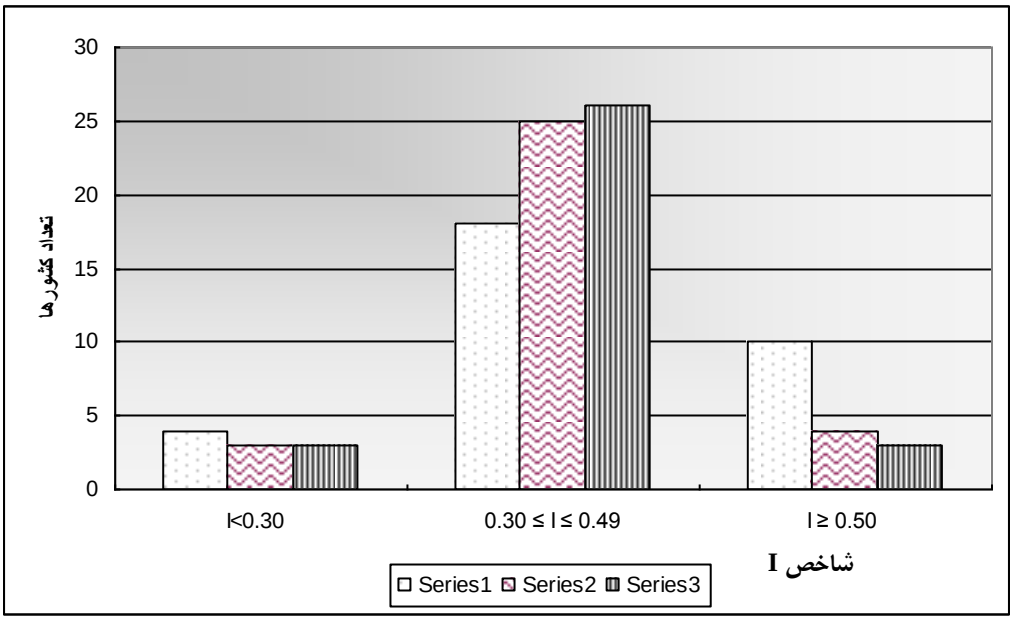
نتیجه‌گیری

در فرسایش خاک که به کودتای پنهان هم تشبیه شده است، علاوه‌بر عوامـل طبیعـی، نقـش انسـان نیـز بسـیار بـارز و مشخص است. یکی از ویژگی‌های روش نیر (۱۹۸۳) در ارزیابی نقش انسـان در فراینـدهای ژئومورفولـوژیکی (و تشـدید فرسایش)، سهولت دسترسی به داده‌های مورد نیاز و محاسبۀ آن‌هاست. با توجه به پیشـنهاد نیـر (۱۹۸۳)، درصـورتی کـه I<۰/۳۰، فعالیت‌های ژئومورفولوژیکی انسان خطر کمی به‌همراه خواهد داشت. به‌عبارتی، میزان فرسایش کم و خـاکزایی

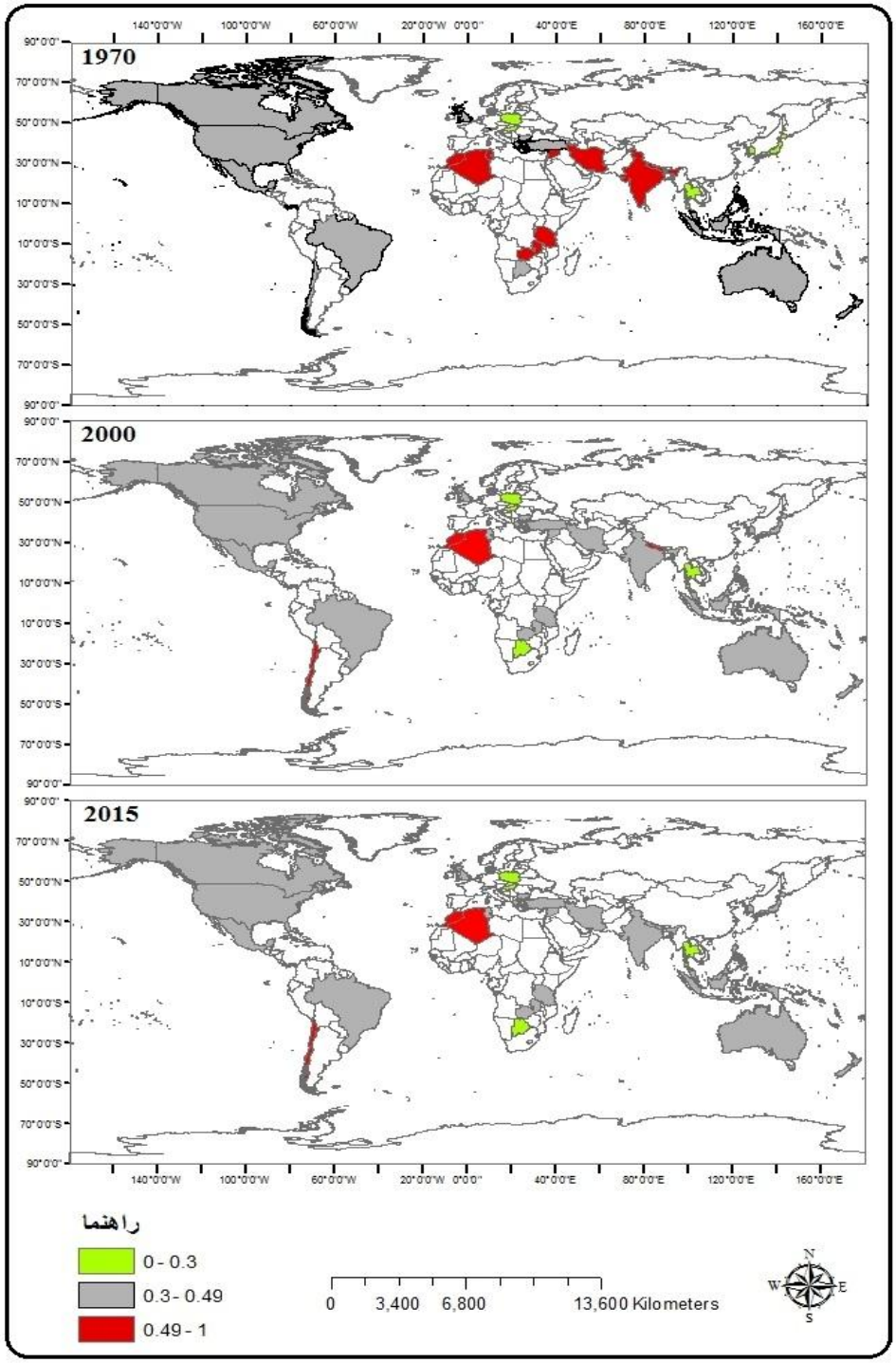
و احیای خاک، عمدتاً به‌طور طبیعی انجام می‌شود. کشورهایی مانند مجارستان، تایلند و لهستان در این گروه قراردارند. در کشورهایی مانند آمریکا، سوییس، کرهٔ جنوبی، برزیل، ترکیه و ایران که ۰/۴۹ ≥ I ≥۰/۳۰، خطر قابل‌اغماض نیست و بعضی اقدامات حفاظتی مانند فعالیت‌های مدیریتی در سطح حوضه‌های آبریز باید انجام شود. کشورهایی که I≥۰/۵۰ (مانند الجزایر، مراکش ، شیلی و نپال)، فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژیکی خسارات قابل‌توجه و مخاطرات زیادی به‌همراه داشته است. بنابراین، اقدامات مناسب و فوری مانند اقدامات مهندسی و ترویجی ضرورت پیدا می‌کند. همچنین، محاسبات انجام‌شده طی سه بازهٔ زمانی ۱۹۷۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که شاخص I در بعضی کشورها از جمله ایران، ترکیه و الجزایر روند نزولی داشته است.



شکل ۳. مقایسهٔ شاخص I برای ۳۱ کشور انتخاب‌شده طی سال‌های ۱۹۷۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵



شکل ۴. مقادیر شاخص پتانسیل فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژی ۳۱ کشور انتخاب‌شده



شکل ۵. گروه‌بندی کشورها بر اساس شاخص پتانسیل فرایندهای آنتروپوژئومورفولوژی (I) درسال‌های متفاوت

با توجه به اینکه در به‌کارگیری روش‌های کمّی رایج در علوم زمین از جمله ژئومورفولوژی، در انتخاب و بررسی عوامل، روش تقلیل‌گرایانه[1] را در پیش می‌گیریم، باید توجه داشته باشیم که صرفاً بر اساس دو فاکتور درصد بیسوادان و جمعیت شهری نمی‌توان در مورد نقش ژئومورفیکی انسان اظهارنظر قطعی انجام داد. در عین حال که این روش‌ها

1. reductionism

شمایی کلی از وضعیت موجود را فراهم می‌کند، چیزی که کاملاً مشهود است، روند رو بـه افـزایش سـریع نقـش انسـان به‌عنوان عاملی ژئومورفیکی است. ارزیابی دقیق‌تر نقش انسان در هر دو گروه جوامـع پیشـرفته و درحـال‌توسـعه نیازمنـد بررسی‌های بیشتر و گسترده‌تر است.

منابع

آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی (۱۳۷۲). انسان، جامعه و محیط‌زیست. ترجمهٔ صلاح‌الدین محلاتی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

داسمن، ر.ف. (۱۳۶۳). زمین در خطر است. ترجمهٔ محمود بهزاد. چاپ دوم.

وایت هاوس، ر. (۱۳۶۹). نخستین شهرها. ترجمهٔ مهدی کابی، نشر فضا، تهران.

Brandt, S.A. (2000). Classification of geomorphological effects downstream of dams. Catena, 40: 375- 401.

Dalby, S. (2004). Anthropocene ethics: Rethinking 'The political' after environment. International Studies Association annual convention, Montreal.

Dasman, R.F. (1984). Earth is in danger? Translated by Mahmoud Behzad, Pocket Bookstores, Second Edition, Tehran. [in Persian]

De Waele, J. and Follesa, R. (2004). Human impact on karst: The example of Lusaka (Zambia). Int. J. Speleol., 32(1/4): 71-83.

Doerr, A. and Guernsey, L. (1956). Man as a geomorphological agent: The example of coal mining. Annals of Association of American Geographers, 46(2): 197-210.

Goudie, A.S. (2004). Encyclopedia of Geomorphology, 2 Vols, Routledge Ltd, 1156 pp.

Goudie, A.S. (1981). The human impact. Oxford, Basil Blackwell, Cambridge, Mass MIT Press.

Gupta, A. and Ahmad, R. (1999). Uurban steeplands in the tropics: an environment of accelerated erosion. Geo Journal, 49: 143-150.

Haff, P.K. (2003). Neogeomorphology, prediction, and the anthropic landscape. Editors Wilcock. P.R. and Iverson, R.M., Prediction in Geomorphology.

Hooke, J.M. (2006). Human impacts on fluvial systems in the Mediterranean region. Geomorphology, 79: 311-335.

Kiernan K. (2012). Impacts of war on geodiversity and geoheritage: Case studies of Karst caves from Northern Laos. Geoheritage, doi 10.1007/s12371-012-0063-3.

Lóczy, D. (2010). Anthropogenic geomorphology in environmental management. Szabó et al. (eds.), Anthropogenic Geomorphology.

Lorant, D. (2010). Introduction to anthropogenic geomorphology. Szabó et al. (eds.), Anthropogenic Geomorphology.

Marsh, G.P. (1864). Man and nature: or, physical geography as modified by human action. New York, NY: C. Scribner, Harvard University Press, 473 pp.

Nir, D. (1983). Man, a geomorphological agent; An introduction to anthropic geomorphology. Keter Publishing House, Jerusalem, 165 pp.

Panizza, M. (1996). Environmental geomorphology, Developments in earth surface processes. Vol. 4, Elsevier Science B. V, The Netherlands. 268 pp.

Piacentini, T. and Miccadei, E. (2012). Studies on environmental and applied geomorphology. Published by InTech, Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 280 pp.

Qiang, Shi (2006). The impact of tourism on soils in Zhangjiajie World Geopark. Journal of Forestry Research, 17(2): 167-170.

Rozsa, P. (2010). Nature and extent of human geomorphological impact; a review. Szabó et al. (eds.), Anthropogenic Geomorphology.

Rózsa, P. (2007). Attempts at qualitative and quantitative assessment of human impact on the landscape. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 30: 233-238.

Russian Academy of Sciences (1993). Human, society and environment. Translated by: Salah al-Din Mahallati, University of Shahid Beheshti,Tehran, 392 pp. [in Persian]

Sherlock, R.L. (1922). Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature. London: H. F. & G. Witherby, 372 pp.

Szabó et al. (eds.) (2010). Anthropogenic Geomorphology. A Guide to Man-Made Landforms. Springer, 298 pp.

Tamura, T. (1976). A preliminary study of historical antropogeomorphology in the Hill lands of Japan. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 11: 163-176.

Walling, D.E. (2006). Human impact on land–ocean sediment. Transfer by the world's rivers, Geomorphology, 79: 192-216.

Whitehouse, R. (1990). The first cities. Translated by: Mahdi Kabi, Faza Publisher, Tehran. 208 pp. [in Persian]

Zalasiewicz, J., Williams, M., Haywood, A., and Ellis, M. (2010). The anthropocene: a new epoch of geological time? Phil. Trans. R. Soc. A, 369: 835-841.