زمین‌باستان‌شناسی و مفهوم دیداری

یک واکاوی علمی

روش‌ها، فناوری‌های دیداری و هوش مصنوعی
برای مطالعه‌ی تعاملات انسان و محیط در گذشته

حمید نظری

کرسی یونسکو در مخاطرات زمین‌شناختی ساحلی
پژوهشکده‌ی علوم زمین
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

بهار ۱۴۰۵ / ۲۰۲۶

زمین باستان شناسی

و مفهوم دیداری

یک واکاوی علمی

سرشناسه : نظری، حمید، ۱۳۴۶-
-Nazari, Hamid, ۱۹٦۸

عنوان و نام پدیدآور : Geo-archaeology and visual concept: a scientific synthesis[Book]: methods, visual technologies and artificial intelligence for the study of past human-environment interactions/ Hamid Nazari; employer Research Institute for Earth Sciences; affiliation UNESCO Chair on Coastal Geohazard Analysis.

مشخصات نشر : تهران: نشر خزه، ۱۴۰۵= ۲۰۲۶م.
مشخصات ظاهری : کتاب. دو جلد، جلد اول انگلیسی (١٦٤ ص)، جلد دوم فارسی (۳۸ ص).: مصور؛ ۱۴×۲۱س‌م.
شابک : ۹۷۸-٦۲۲-۱۵۸۲-۱٤-۳
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : زبان: انگلیسی. فارسی.
یادداشت : عنوان به فارسی زمین باستانشناسی و مفهوم دیداری- یک واکاوی علمی.
عنوان دیگر : Methods, visual technologies and artificial intelligence for the study of past human-environment interactions

آوانویسی عنوان : جئو آرکائولاجی...
موضوع : زمین باستان‌شناسی
موضوع : Archaeological geology
شناسه افزوده : یونسکو. کرسی مخاطرات زمین شناختی ساحلی
شناسه افزوده : UNESCO Chair on Coastal Geo-Hazard Analysis
شناسه افزوده : سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. پژوهشکده علوم زمین
شناسه افزوده : Geological Survey and Mineral Exploration of Iran. Research Institute for Earth Sciences
رده بندی کنگره : ۵/CCV۵
رده بندی دیویی : ۶/۵۵۱
شماره کتابشناسی ملی : ۱۰۵۳۱۲۳۲

کرسی یونسکو در مخاطرات زمین شناختی ساحلی

پژوهشکده علوم زمین

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

زمین باستان شناسی و مفهوم دیداری

یک واکاوی علمی

خلاصه‌ی فارسی

حمید نظری

بهار ۱۴۰۵

—

Spring ۲۰۲۶

این نوشتار، خلاصه‌ای فارسی است از کتاب اصلی به زبان انگلیسی،
که هدف، دامنه، روش‌شناسی و فهرست فصول کتاب در جلد نخست را برای خوانندگان فارسی‌زبان ارائه می‌دهد.

شناسنامه‌ی نشر

زمین باستان شناسی و مفهوم دیداری ـ یک واکاوی علمی

Geo-archaeology and Visual Concept — A Scientific Synthesis

خلاصه‌ی فارسی

نگارنده: حمید نظری

Author: Hamid Nazari

کرسی یونسکو در مخاطرات زمین شناختی ساحلی

پژوهشکده علوم زمین

UNESCO Chair on Coastal Geo-Hazard Analysis

Research Institute for Earth Sciences

سال نگارش: ۱۴۰۵ خورشیدی / ۲۰۲۶ میلادی

Year: ۱۴۰۵ SH / ۲۰۲۶ CE

ISBN: ۹۷۸-۶۲۲-۱۵۸۲-۱۴-۳

موضوع: زمین باستان شناسی، علوم زمین، باستان‌شناسی

Subject: Geo-archaeology, Earth Sciences, Archaeology

نوع: مرجع تخصصی، خلاصه‌ی کتاب‌شناختی

این نوشتار به منظور آشنایی خوانندگان فارسی‌زبان با درون مایه کتاب اصلی تدوین شده است و به طور آزاد برای اهداف آموزشی و پژوهشی قابل استفاده است.

اطلاعات گزارش

عنوان: زمین‌باستان‌شناسی و مفهوم دیداری- یک واکاوی علمی
مجری: پژوهشکده علوم زمین
زبان مرجع: فارسی
خروجی: کتاب
نویسنده: حمید نظری
رییس کرسی یونسکو در مخاطرات زمین شناختی ساحلی: حمید نظری
ناشر: نشر خزه
با همکاری کرسی یونسکو در مخاطرات زمین شناختی ساحلی و شرکت دانش‌بنیان هوش زمین کانسار
چاپ اول: ۱۴۰۵
شمارگان: ۵۰ نسخه
صفحات: ۳۸
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۵۸۲-۱۴-۳
khazepub@gmail.com

Report Information

Title: Geo-Archaeology and Visual Concept — A Scientific Synthesis

Employer: Research Institute for Earth Sciences

Original language: Perian

Output: Book

Author: Hamid Nazari

Chairholder in the UNESCO Chair on Coastal Geo-Hazard Analysis: Hamid Nazari

Publisher: Khazeh Publication

With Cooperation UNESCO Chair on Coastal Geo-Hazard Analysis and Intelligent Geo-Mine Company

First Edition: ۲۰۲٦

Edition number: ٥٠

Pages: ۳۸

Shabak: ۹۷۸-٦۲۲-۱٥۸۲-۱٤-۳

khazepub@gmail.com

چکیده

کتاب «زمین باستان شناسی و مفهوم دیداری ـ یک واکاوی علمی» تلاشی است برای ارائه‌ی یک نگاه یکپارچه و به‌روز از رشته‌ی زمین باستان شناسی، رشته‌ای میان‌رشته‌ای که در محل تلاقی علوم زمین و باستان‌شناسی شکل می‌گیرد و از روش‌های زمین‌شناسی، رسوب‌شناسی، خاک‌شناسی، ژئومورفولوژی و دیرینه‌شناسی محیط برای بازسازی محیط فیزیکی گذشته‌ی انسان استفاده می‌کند.

کتاب در چهارده فصل اصلی و یک سری پیوست‌های تخصصی تدوین شده است. پنج فصل نخست، مبانی نظری و روش‌های پایه‌ای را پوشش می‌دهند: مقدمه‌ی رشته، اصول علوم زمین، روش‌های میدانی و آزمایشگاهی، روش‌های سن‌یابی و ژئوشیمی و ایزوتوپ‌های پایدار. چهار فصل میانی، که هسته‌ی نوآورانه‌ی کتاب را تشکیل می‌دهند، به فناوری‌های دیداری و دیجیتال اختصاص دارند: سنجش از دور ماهواره‌ای، لیدار هوابرد، فتوگرامتری پهپادی به همراه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و یادگیری ماشین. پنج فصل بعدی به موضوعات تخصصی و کاربردی می‌پردازند: فرآیندهای تشکیل سایت، مطالعات موردی، اخلاق و آینده‌ی رشته، دیرینه‌لرزه‌شناسی و باستان‌لرزه‌شناسی و دیرینه‌اقلیم‌شناسی. دو فصل پایانی، با تمرکز ویژه بر فلات ایران، حوزه‌های پژوهشی مستقیم نگارنده در پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و در کرسی یونسکو در مخاطرات زمین شناختی ساحلی را بازتاب می‌دهند. در این دو فصل، مطالعات موردی متعددی از ایران ارائه می‌شود: گسل مشاء در البرز مرکزی، گسل شمال تبریز، ارگ بم پس از زلزله‌ی ۲۰۰۳، تخت جمشید و تپه‌ی سیلک و آرشیوهای دیرینه‌اقلیمی دریاچه‌ی ارومیه، دریاچه‌ی زریبار، دریاچه‌ی میرآباد و شبکه‌ی اسپلئوتم‌های ایران.

این سیاهه‌ی فارسی، خلاصه‌ای کوتاه از کتاب اصلی به زبان انگلیسی است که به منظور آشنایی خوانندگان فارسی‌زبان با هدف، دامنه، روش و فهرست فصول جلد نخست کتاب تدوین شده است.

یادداشت روش‌شناختی: در تدوین این کتاب، نگارنده از هوش مصنوعی به عنوان ابزار کمکی در سازماندهی، ساختاردهی و ویرایش متن بهره گرفته است.

Abstract

The book Geo-archaeology and Visual Concept — A Scientific Synthesis offers an integrated and up-to-date account of geo-archaeology, the interdisciplinary field that lies at the intersection of the Earth sciences and archaeology and that draws on geology, sedimentology, pedology, geomorphology and paleo-environmental science to reconstruct the physical environment of the human past.

The book is organized in fourteen main chapters with a set of technical appendices. The first five chapters cover theoretical foundations and core methods: an introduction to the field, principles of Earth science, field and laboratory methods, dating techniques, and geochemistry with stable isotopes. The four central chapters, which constitute the innovative core of the work, are devoted to visual and digital technologies: satellite remote sensing, airborne lidar, UAV photogrammetry with geographic information systems, and machine learning. The five concluding chapters address specialized and applied topics: site-formation processes, regional case studies, ethics and disciplinary futures, Paleoseismology and Archaeoseismology, and paleoclimatology.

The two closing chapters, with particular focus on the Iranian Plateau, reflect the author's direct research areas at the UNESCO Chair on Coastal Geo-Hazard Analysis, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran. They present numerous Iranian case studies: the Mosha Fault in the Central Alborz, the North Tabriz Fault, the Arg-e Bam citadel after the ۲۰۰۳ earthquake, Persepolis and Tepe Sialk, and the paleoclimate archives of Lake Urmia, Lake Zeribar, Lake Mirabad and the Iranian speleothem network.

This Persian summary, of approximately twenty pages, is intended to introduce Persian-speaking readers to the aim, scope, methodology and chapter contents of the main English-language work.

A note on methodology: in compiling this book, the author has used artificial intelligence as a drafting, structuring and editorial aid.

فهرست مطالب

مقدمات	
چکیده ـ Abstract	۷–۸
پیشگفتار	۱۱
هدف و دامنه	
مقدمه	۱۲
هدف اصلی	۱۳
دامنه‌ی موضوعی	۱۳
روش پژوهش	۱۴
خلاصه‌ی فصول	
فصل ۱ ـ مقدمه‌ای بر زمین باستان‌شناسی	۱۵
فصل ۲ ـ اصول علوم زمین	۱۵
فصل ۳ ـ روش‌های میدانی و آزمایشگاهی	۱۶
فصل ۴ ـ روش‌های سن‌یابی	۱۷
فصل ۵ ـ ژئوشیمی و ایزوتوپ‌های پایدار	۱۸
فصل ۶ ـ مفهوم دیداری ۱– سنجش از دور	۱۹
فصل ۷ ـ مفهوم دیداری ۲– لیدار	۲۰
فصل ۸ ـ مفهوم دیداری ۳– پهپاد و GIS	۲۱
فصل ۹ ـ هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	۲۱
فصل ۱۰ ـ فرآیندهای تشکیل سایت	۲۲
فصل ۱۱ ـ مطالعات موردی	۲۳
فصل ۱۲ ـ اخلاق و جهت‌گیری‌های آینده	۲۳
فصل ۱۳ ـ پارینه‌لرزه‌شناسی و باستان‌لرزه‌شناسی	۲۴
مطالعات موردی از ایران	۲۵
ابزارهای روزآمد و سنت تاریخ‌نگاری فارسی	۲۵

فصل ۱۴ ـ دیرینه‌اقلیم‌شناسی	۲۶
رویداد ۴.۲ کا و پیامدهای باستان‌شناختی	۲۷
آرشیوهای ایرانی	۲۷
بستر و بحث	
ساختار پیوست‌ها و اطلس دیداری	۲۹
بستر نهادی پژوهش در ایران	۳۰
ویژگی‌های برجسته و نوآوری‌ها	۳۱
پایانی	
نتیجه‌گیری	۳۲
جهت‌گیری‌های پژوهشی برای دهه‌ی آینده	۳۳
واژه‌نامه‌ی فارسی–انگلیسی	۳۴
منابع کلیدی پیشنهادی	۳۶
مونوگراف‌های مرجع بین‌المللی	۳۶
منابع مرتبط با ایران	۳۶
مقالات کلیدی روش‌شناختی	۳۸

پیشگفتار

زمین باستان‌شناسی، چنان‌که در این کتاب ارائه می‌شود، رشته‌ای نسبتا جوان است. اگر تاریخ آن را از کتاب کلاسیک کارل بوتزر در سال ۱۹۸۲ آغاز کنیم، تنها چهار دهه عمر دارد. در این مدت، دو موج بزرگ تحول رخ داده است:

موج نخست (دهه‌های ۸۰ و ۹۰ میلادی) ادغام نظام‌مند علوم زمین با باستان‌شناسی را به همراه آورد و چارچوب نظری امروزی رشته را شکل داد.

موج دوم (سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ به بعد) ورود فناوری‌های دیجیتال را در محور پژوهش قرار داد. لیدار هوابرد، فتوگرامتری پهپادی و یادگیری ماشین مقیاس مکانی و زمانی کار را به نحو چشمگیری گسترش دادند.

کتاب حاضر حاصل سال‌ها تأمل و تجربه‌ی پژوهشی نگارنده در پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و در کرسی یونسکو در مخاطرات زمین‌شناختی ساحلی است. هدف آن ارائه‌ی تصویری منسجم از وضعیت فعلی این رشته است. کتاب برای دو گروه نوشته شده: دانشجویان تحصیلات تکمیلی که برای نخستین بار با این رشته آشنا می‌شوند و پژوهشگران فعال در حوزه‌های مرتبط همچون باستان‌شناسی، زمین‌شناسی کواترنر، جغرافیای فیزیکی و میراث فرهنگی.

> هدف نگارنده فراتر از انتقال صرف اطلاعات بوده است: پرورش نگاهی میان‌رشته‌ای که در آن علوم زمین و باستان‌شناسی به طور یکپارچه با یکدیگر کار می‌کنند تا به درک ژرف‌تری از پیشینه‌ی انسان و پیوند پیچیده‌ی بین جامعه‌های انسانی و محیط طبیعی دست یابند.

نکته‌ای که در سراسر کتاب بر آن تأکید شده، جایگاه ایران در این تحول علمی است. فلات ایران با تاریخ سکونت چندهزارساله، فعالیت تکتونیکی شدید، تنوع اقلیمی استثنایی و شبکه‌ی غنی از سایت‌های باستانی، یکی از بهترین آزمایشگاه‌های طبیعی برای پژوهش‌های زمین باستان‌شناسی در سراسر جهان است. با این حال، در ادبیات بین‌المللی این رشته، تجربه‌ی ایرانی به اندازه‌ی شایستگی آن نمایان نشده است. کتاب با گنجاندن مطالعات موردی متعدد از ایران و اختصاص دو فصل کامل پایانی به دیرینه‌لرزه‌شناسی و دیرینه‌اقلیم‌شناسی تلاش می‌کند تا بخشی از این کاستی را جبران کند.

این خلاصه‌ی فارسی چکیده‌ای از پیام اصلی کتاب است. هدف اصلی آن ارائه‌ی نقشه‌ی راهی برای ورود به متن انگلیسی است، اما می‌تواند به عنوان متنی مستقل برای آشنایی اجمالی با زمین باستان‌شناسی معاصر نیز مورد استفاده قرار گیرد.

امیدوارم که این جزوه، در کنار کتاب اصلی، سهم کوچکی در توسعه‌ی این رشته در محیط آکادمیک فارسی‌زبان ایفا کند.

حمید نظری
تهران، بهار ۱۴۰۵

مقدمه

کتاب «زمین باستان‌شناسی و مفهوم دیداری» در بهار ۱۴۰۵ در کرسی یونسکو در مخاطرات زمین‌شناختی ساحلی، پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تدوین شده است. این کتاب واکاوی جامعی از روش‌های نوین زمین باستان‌شناسی در بستر تحولات علمی و فناورانه‌ی دو دهه‌ی اخیر ارائه می‌دهد.

زمین باستان‌شناسی رشته‌ای میان‌رشته‌ای است که در محل تلاقی علوم زمین و باستان‌شناسی شکل می‌گیرد. این رشته از روش‌های زمین‌شناسی، رسوب‌شناسی، خاک‌شناسی، ژئومورفولوژی و دیرینه‌شناسی محیط برای بازسازی محیط فیزیکی گذشته‌ی انسان استفاده می‌کند. در عین حال، با بهره‌گیری از یافته‌های باستان‌شناسی، به درک عمیق‌تری از تعامل میان جامعه‌های انسانی و محیط طبیعی در طول زمان دست می‌یابد.

در سال‌های اخیر ورود فناوری‌های نوین این رشته را به طور بنیادی متحول کرده است. سنجش از دور ماهواره‌ای، لیدار هوابرد، فتوگرامتری پهپادی، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و هوش مصنوعی نسل تازه‌ای از پرسش‌های پژوهشی را امکان‌پذیر کرده‌اند.

کتاب حاضر این تحول را در قالبی منسجم ارائه می‌دهد. ساختار کتاب از مبانی نظری و روش‌های پایه‌ای آغاز می‌شود، در فصول میانی به فناوری‌های دیداری نوین می‌پردازد و در فصول پایانی به موضوعات تخصصی مانند فرآیندهای تشکیل سایت، اخلاق پژوهش، دیرینه‌لرزه‌شناسی، باستان‌لرزه‌شناسی و دیرینه‌اقلیم‌شناسی اختصاص دارد. در سراسر کتاب، تأکید ویژه‌ای بر مطالعات موردی منطقه‌ی ایران و فلات ایران شده است.

هدف و دامنه‌ی کتاب

هدف اصلی

هدف اصلی این کتاب ارائه‌ی نگاهی یکپارچه و به‌روز از زمین باستان‌شناسی است. این رشته در دو دهه‌ی اخیر متحول شده است.

در دهه‌ی ۸۰ میلادی، کتاب کلاسیک کارل بوتزر تحت عنوان «باستان‌شناسی به مثابه‌ی اکولوژی انسانی» چارچوب نظری اولیه‌ی این رشته را شکل داد. در سال‌های ۲۰۰۰ میلادی، کتاب رپ و هیل و سپس گلدبرگ و مک‌فیل به بازنگری این چارچوب با گنجاندن روش‌های آزمایشگاهی نوین پرداختند. کتاب حاضر گام بعدی این تکامل را با گنجاندن نسل تازه‌ی فناوری‌های دیداری همچون لیدار، پهپاد، یادگیری ماشین و موضوعات تخصصی مانند دیرینه‌لرزه‌شناسی و دیرینه‌اقلیم‌شناسی در یک واکاوی منسجم ارائه می‌دهد.

هدف ثانویه و به همان اندازه مهم کتاب، ارائه‌ی منبعی علمی به زبان انگلیسی است که بازتاب‌دهنده‌ی مشارکت فعال جامعه‌ی پژوهشی ایران در ادبیات بین‌المللی این رشته باشد. تجربه‌ی ایرانی در ادبیات بین‌المللی به اندازه‌ی شایستگی آن نمایان نشده است. این کتاب با گنجاندن مطالعات موردی متعدد از ایران — از تپه‌ی سیلک کاشان تا تخت جمشید، از گسل مشاء در البرز تا ارگ بم — تلاش می‌کند تا بخشی از این کاستی را جبران کند.

دامنه‌ی موضوعی

دامنه‌ی موضوعی کتاب چهارده فصل اصلی را در بر می‌گیرد که به سه گروه کلی قابل تقسیم هستند:

گروه نخست (فصل‌های یکم تا پنجم) به مبانی نظری و روش‌های پایه‌ای زمین باستان‌شناسی می‌پردازد: تعریف رشته و تاریخچه‌ی آن، اصول علوم زمین، روش‌های میدانی و آزمایشگاهی، روش‌های سن‌یابی مطلق و نسبی و تحلیل‌های ژئوشیمیایی و ایزوتوپی. این فصل‌ها پایه‌ی ساختاری همه‌ی کارهای بعدی هستند.

گروه دوم (فصل‌های ششم تا نهم) به فناوری‌های نوین دیداری و دیجیتال اختصاص دارد. این فصل‌ها — که در عنوان کتاب با عبارت «مفهوم دیداری» به آن‌ها اشاره شده — هسته‌ی نوآورانه‌ی کتاب هستند: سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای (فصل ششم)، لیدار هوابرد و مدل‌سازی توپوگرافیک (فصل هفتم)، فتوگرامتری پهپادی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (فصل هشتم) و هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در کاربردهای زمین باستان‌شناسی (فصل نهم).

گروه سوم (فصل‌های دهم تا چهاردهم) به موضوعات تخصصی و کاربردی اختصاص دارد: فرآیندهای تشکیل سایت در چارچوب نظری شیفر (فصل دهم)، مطالعات موردی منتخب از سراسر جهان شامل پروژه‌ی لیدار مایا و تشخیص هوش مصنوعی جاده‌های رومی (فصل یازدهم)،

اخلاق پژوهش و آینده‌ی رشته (فصل دوازدهم)، دیرینه‌لرزه‌شناسی و باستان‌لرزه‌شناسی با تمرکز ویژه بر ایران (فصل سیزدهم) و دیرینه‌اقلیم‌شناسی و تاریخ هولوسن فلات ایران (فصل چهاردهم).

روش پژوهش

کتاب حاضر یک واکاوی اسنادی است و حاصل پژوهش میدانی یا آزمایشگاهی جدیدی نیست. این انتخاب آگاهانه است: هدف کتاب گردآوری، ارزیابی و تحلیل ادبیات منتشرشده‌ی دو دهه‌ی اخیر است، نه ارائه‌ی داده‌های جدید.

منابع اصلی کتاب شامل بیش از یک‌صد و بیست مقاله‌ی منتشرشده در مجلات معتبر بین‌المللی است: Nature، Science، PNAS، Annual Review of Anthropology، Journal of Archaeological Science، Quaternary Science Reviews و Geoarchaeology، به همراه چند مونوگراف مرجع.

روش ارائه در سراسر کتاب توصیفی–تحلیلی است. در هر فصل، ابتدا اصول و مبانی روش مربوطه به زبان قابل فهم برای خواننده‌ی غیرمتخصص توضیح داده می‌شود. سپس کاربردهای آن در زمین باستان‌شناسی با ارجاع به ادبیات معتبر بررسی می‌شود. در پایان، محدودیت‌ها و چالش‌های روش به همراه جهت‌گیری‌های پژوهشی آینده مطرح می‌شود.

خلاصه‌ی فصول کتاب

در ادامه، خلاصه‌ای از محتوای هر یک از چهارده فصل کتاب ارائه می‌شود. این خلاصه‌ها به طور فشرده تنظیم شده‌اند و هدف آن‌ها آشنا کردن خواننده با چارچوب کلی و نکات کلیدی هر فصل است. دو فصل پایانی — بخش‌های ایران‌محور که هسته‌ی اصلی مشارکت این کتاب در ادبیات بین‌المللی رشته را تشکیل می‌دهند — با تفصیل بیشتری ارائه می‌شوند و با دو شکل علمی همراهی می‌شوند.

مقدمه‌ای بر زمین باستان شناسی · فصل ۱

این فصل تعریف رشته‌ی زمین باستان‌شناسی، گستره‌ی موضوعی آن و تاریخچه‌ی شکل‌گیری آن از سده‌ی نوزدهم تا کنون را بررسی می‌کند.

نقطه‌ی شروع تاریخی این رشته کشف ابزارهای سنگی دوران پارینه‌سنگی توسط ژاک بوشه دو پرت در دره‌ی سوم در سال ۱۸۴۷ است. سپس کتاب چارلز لایل با عنوان «شواهد زمین‌شناسی قدمت انسان» در سال ۱۸۶۳ ادغام داده‌های زمین‌شناسی و باستان‌شناسی را برای تعیین قدمت بشر ضروری ساخت.

در سده‌ی بیستم، تحقیقات پنک و بروکنر در آلپ مدل گرافیکی کاربرد در باستان‌شناسی را ارائه دادند. در نیمه‌ی دوم سده، کارل بوتزر در دانشگاه شیکاگو چارچوب نظری زمین باستان‌شناسی مدرن را شکل داد.

تعریف فوآش در سال ۲۰۱۰ — که زمین باستان‌شناسی را به عنوان «رویکرد واکاوی برای ادغام عناصر زیستی و غیرزیستی در یک چشم‌انداز فرارشته‌ای» تعریف می‌کند — به عنوان تعریف کاری کتاب پذیرفته می‌شود.

اصول علوم زمین · فصل ۲

فصل دوم به مبانی علوم زمین که برای کار زمین باستان‌شناسی ضروری هستند می‌پردازد.

سه مفهوم پایه‌ای در اینجا ارائه می‌شوند:

۱. **اصل برهم‌نهی:** در یک توالی رسوبی دست‌نخورده، لایه‌های پایین قدیمی‌تر از لایه‌های بالا هستند.

۲. **اصل افقی بودن اولیه**

۳. اصل تداوم جانبی

در ادامه، فصل به طبقه‌بندی رسوبات بر اساس اندازه‌ی دانه می‌پردازد (مقیاس ونتورت ۱۹۲۲ که از رس و سیلت تا ماسه، گراول، کوبل و بلوک گسترش دارد). سپس به تشکیل خاک و افق‌های مختلف نیمرخ خاک (O، A، E، B، C و R) پرداخته می‌شود.

در بخش پایانی، شاخصه‌های دیرینه‌محیطی معرفی می‌شوند: گرده گیاهی، فیتولیت‌های سیلیسی، رسوبات کلسیمی و دیاتومه‌ها. هر یک از این شاخص‌ها بازتاب‌دهنده‌ی یک جنبه از محیط گذشته است. ادغام آن‌ها در یک چارچوب چندشاخصه روشی استاندارد برای بازسازی محیط دیرینه است.

روش‌های میدانی و آزمایشگاهی · فصل ۳

این فصل به روش‌های عملی نمونه‌برداری در میدان و تحلیل‌های آزمایشگاهی می‌پردازد که پایه‌ی کار زمین باستان‌شناسی هستند.

نمونه‌برداری

سه استراتژی اصلی نمونه‌برداری وجود دارد:

۱. **نمونه‌برداری تصادفی:** برای پوشش یکنواخت سطح سایت

۲. **نمونه‌برداری سیستماتیک:** بر اساس شبکه‌ی منظم

۳. **نمونه‌برداری هدفمند:** متمرکز بر ویژگی‌های خاص (مانند کف‌ساخت‌ها یا آتشدان‌ها)

انتخاب استراتژی به پرسش پژوهشی، مقیاس سایت و منابع در دسترس بستگی دارد.

تحلیل‌های آزمایشگاهی

تحلیل‌های استاندارد شامل موارد زیر است:

- **دانه‌بندی:** تعیین توزیع اندازه‌ی ذرات (رس، سیلت، ماسه، گراول)
- **LOI (Loss on Ignition):** تخمین ماده‌ی آلی و کربنات
- **کربنات‌سنجی:** اندازه‌گیری محتوای کربنات کلسیم

- **pH و EC:** شاخص‌های شیمیایی خاک
- **CEC (Cation Exchange Capacity):** ظرفیت تبادل کاتیونی
- **میکرومورفولوژی:** مطالعه‌ی مقاطع نازک خاک در زیر میکروسکوپ

کاربردها

این روش‌ها در تحلیل انواع بافت‌های باستانی کاربرد دارند:

- **کف‌ساخت‌ها:** شناسایی سطوح سکونت و فعالیت
- **آتشدان‌ها:** بازسازی فناوری آتش و دما
- **سازه‌های انسان‌ساخت:** تحلیل مصالح ساختمانی
- **قنات‌ها:** مطالعه‌ی سیستم‌های آبیاری باستانی

روش‌های سن‌یابی فصل ۴

این فصل به روش‌های سن‌یابی مطلق و نسبی می‌پردازد که برای ساخت چارچوب زمانی سایت‌های باستانی ضروری هستند.

رادیوکربن و AMS

رادیوکربن (C^{14}) پرکاربردترین روش سن‌یابی در باستان‌شناسی است. این روش بر اساس واپاشی رادیواکتیو ایزوتوپ کربن-۱۴ در مواد آلی عمل می‌کند. AMS (Accelerator Mass Spectrometry) نسل پیشرفته‌ی این روش است که با نمونه‌های بسیار کوچک (تا چند میلی‌گرم) کار می‌کند.

منحنی کالیبراسیون IntCal۲۰ (نسخه‌ی ۲۰۲۰) استاندارد فعلی برای تبدیل سن‌های رادیوکربنی به سال‌های تقویمی است.

OSL

OSL (Optically Stimulated Luminescence) روشی برای سن‌یابی رسوبات معدنی است. این روش زمان آخرین قرارگیری دانه‌های کوارتز یا فلدسپات در معرض نور خورشید را اندازه می‌گیرد. OSL برای سن‌یابی رسوبات بادی، رودخانه‌ای و ساحلی کاربرد دارد.

دندروکرونولوژی

دندروکرونولوژی (سن‌یابی حلقه‌های درختی) دقیق‌ترین روش سن‌یابی است. این روش بر اساس الگوی رشد سالانه‌ی درختان عمل می‌کند و می‌تواند سن را با دقت یک سال تعیین کند. دندروکرونولوژی همچنین برای کالیبراسیون منحنی رادیوکربن استفاده می‌شود.

روش‌های دیگر

- **اورانیوم–توریم:** برای سن‌یابی رسوبات کربناته (استالاکتیت، مرجان)
- **آرگون–آرگون:** برای سن‌یابی سنگ‌های آتشفشانی
- **تفرا:** سن‌یابی بر اساس لایه‌های خاکستر آتشفشانی

مدل‌سازی سن

OxCal نرم‌افزار استاندارد برای مدل‌سازی بیزی سن‌های رادیوکربنی است. این نرم‌افزار امکان ادغام داده‌های سن‌یابی با اطلاعات چینه‌شناسی را فراهم می‌کند.

مدل سن–عمق (age-depth model) برای بازسازی تاریخچه‌ی رسوب‌گذاری در هسته‌های رسوبی استفاده می‌شود.

ژئوشیمی و ایزوتوپ‌های پایدار

فصل ۵

این فصل به تحلیل‌های ژئوشیمیایی و ایزوتوپی می‌پردازد که برای بازسازی رژیم غذایی، الگوهای مهاجرت و تعاملات اکولوژیک جوامع گذشته کاربرد دارند.

XRF و pXRF

XRF (X-Ray Fluorescence) روشی غیرمخرب برای تعیین ترکیب عنصری مواد است. نسخه‌ی قابل حمل آن (pXRF) امکان تحلیل میدانی را فراهم می‌کند. این روش برای شناسایی منشأ سنگ‌ابزارها، سفال و مواد ساختمانی استفاده می‌شود.

ایزوتوپ‌های پایدار

سه سیستم ایزوتوپی اصلی در زمین باستان‌شناسی کاربرد دارند:

۱. **ایزوتوپ‌های کربن ($\delta^{13}C$):** تمایز بین گیاهان C_3 (گندم، جو) و C_4 (ذرت، ارزن) را امکان‌پذیر می‌کنند. این تمایز برای بازسازی رژیم غذایی گذشته ضروری است.

۲. **ایزوتوپ‌های نیتروژن ($\delta^{15}N$):** شاخص جایگاه تروفیک (موقعیت در زنجیره‌ی غذایی) هستند. مقادیر بالای $\delta^{15}N$ نشان‌دهنده‌ی مصرف پروتئین جانوری است.

۳. **ایزوتوپ‌های استرانسیم** (Sr^{86} / Sr^{87}): برای ردیابی مهاجرت و جابجایی افراد استفاده می‌شوند. نسبت ایزوتوپی استرانسیم در دندان‌ها بازتاب‌دهنده‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ای است که فرد در دوران کودکی در آن زندگی می‌کرده است.

کاربردها

ادغام این سه سیستم ایزوتوپی امکان بازسازی جامع رژیم غذایی، جایگاه اکولوژیک و الگوهای مهاجرت جوامع گذشته را فراهم می‌کند.

مفهوم دیداری ۱ ـ سنجش از دور

فصل ۶

این فصل، اولین فصل از سه فصل اختصاص‌یافته به «مفهوم دیداری» در عنوان کتاب، به سنجش از دور ماهواره‌ای می‌پردازد.

اصول فیزیکی

اصول فیزیکی سنجش از دور شامل جذب، انعکاس و گسیل امواج الکترومغناطیسی توسط سطح زمین توضیح داده می‌شوند. این اصول پایه‌ی تحلیل تصاویر ماهواره‌ای هستند.

مأموریت‌های ماهواره‌ای اصلی

- **Landsat** (ایالات متحده، از ۱۹۷۲): با تفکیک مکانی ۳۰ متر، آرشیوی پیوسته به مدت پنجاه سال تولید کرده است.
- **Sentinel-۲** (اروپا، از ۲۰۱۵): با تفکیک ۱۰ تا ۲۰ متر، داده‌های ارزشمندی ارائه می‌دهد.
- **ماهواره‌های تجاری با تفکیک بالا:** مانند Worldview و Pleiades، که تصاویری با جزئیات بسیار بالا (کمتر از یک متر) ثبت می‌کنند.

شاخص‌های طیفی

شاخص‌های طیفی مهم برای باستان‌شناسی معرفی می‌شوند:

- **NDVI** (شاخص نرمال‌شده‌ی تفاضل پوشش گیاهی): برای تشخیص مناطق با پوشش گیاهی متراکم
- **NDWI** (شاخص نرمال‌شده‌ی تفاضل آب): برای شناسایی منابع آبی
- **شاخص‌های خاک**: برای تشخیص ویژگی‌های سطح زمین

آرشیو تصاویر کرونا

فصل با بحث درباره‌ی آرشیو تصاویر کرونا (Corona) خاتمه می‌یابد. این مجموعه تصاویر شناسایی نظامی آمریکا (۱۹۶۰ تا ۱۹۷۲) با تفکیک ۲ متر، منبعی استثنایی برای نقشه‌برداری مناظر باستانی پیش از گسترش کشاورزی مدرن محسوب می‌شود.

مفهوم دیداری ۲ ـ لیدار

فصل ۷

لیدار (LiDAR) یک سیستم سنجش از دور فعال است. این سیستم با ارسال پالس‌های لیزری و اندازه‌گیری زمان بازگشت آن‌ها، فاصله تا سطح زمین را تعیین می‌کند.

مزایای لیدار هوابرد

لیدار هوابرد، که از هواپیما یا هلیکوپتر استفاده می‌کند، مدل‌های ارتفاعی بسیار دقیقی تولید می‌کند. این مدل‌ها دارای تفکیک افقی چند ده سانتی‌متر و دقت عمودی حدود ده سانتی‌متر هستند.

مهم‌ترین ویژگی لیدار برای زمین باستان‌شناسی، توانایی نفوذ پالس‌های لیزری از میان پوشش گیاهی و رسیدن به سطح زمین واقعی است. این قابلیت، با تفکیک پالس به بازگشت‌های چندگانه (اولین، آخرین و میانی)، امکان تولید مدل رقومی زمین (DTM) جدا از مدل رقومی سطح (DSM) را فراهم می‌کند.

کاربرد انقلابی در باستان‌شناسی

کاربرد انقلابی لیدار در باستان‌شناسی با کشف ساختارهای پنهان‌شده زیر جنگل در سرزمین مایا آغاز شد. این فناوری امکان شناسایی دقیق محوطه‌های باستانی در مناطق با پوشش گیاهی انبوه را فراهم کرده است.

مفهوم دیداری ۳ ـ پهپاد و GIS · فصل ۸

این فصل به دو فناوری مرتبط می‌پردازد: **فتوگرامتری پهپادی** و **سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)**.

۱. **فتوگرامتری پهپادی و SfM**

۲. روش **ساختار از حرکت** (Structure from Motion - SfM)، که در دهه‌ی ۲۰۰۰ میلادی از حوزه‌ی بینایی کامپیوتر به فتوگرامتری وارد شد، بازسازی سه‌بعدی از مجموعه‌ای از عکس‌های هم‌پوشان را بدون نیاز به دوربین‌های استریو ممکن می‌سازد. با استفاده از پهپادها، می‌توان داده‌های فتوگرامتری را با دقت بالا و در مقیاس سایت تهیه کرد.

کاربردها در GIS

در حوزه‌ی **GIS**، فصل به مفاهیم اصلی می‌پردازد:

- **لایه‌بندی فضایی**: سازماندهی داده‌های جغرافیایی در لایه‌های مجزا
- **عملیات‌های اصلی**: مانند بافر، روی‌هم‌گذاری (overlay)، جبر رستری، نقشه‌ی دید (viewshed) و مسیر حداقل هزینه (least-cost path)
- **مدل‌سازی پیش‌بین**: استفاده از داده‌های مکانی برای پیش‌بینی الگوها یا مکان‌های احتمالی

ادغام این دو فناوری در یک گردش کار یکپارچه، چارچوب فعلی زمین باستان‌شناسی دیجیتال در مقیاس سایت و منطقه را تشکیل می‌دهد.

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین · فصل ۹

این فصل به کاربردهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در زمین باستان‌شناسی می‌پردازد. این فناوری‌ها در دهه‌ی اخیر به ابزارهای قدرتمندی برای تحلیل داده‌های مکانی تبدیل شده‌اند.

شبکه‌های عصبی کانولوشنال (CNN)

CNN (Convolutional Neural Network) معماری شبکه‌ی عصبی است که برای تحلیل تصاویر طراحی شده است. این شبکه‌ها می‌توانند الگوهای پیچیده‌ی بصری را در داده‌های لیدار و تصاویر ماهواره‌ای شناسایی کنند.

مطالعه‌ی موردی: تشخیص جاده‌های رومی

یکی از موفق‌ترین کاربردهای CNN در باستان‌شناسی، تشخیص خودکار جاده‌های رومی در داده‌های لیدار است. این سیستم‌ها با آموزش بر روی نمونه‌های شناخته‌شده، قادر به شناسایی جاده‌های ناشناخته در مناطق وسیع هستند.

دقت این سیستم‌ها به کیفیت داده‌های آموزشی و تنوع ویژگی‌های توپوگرافیک بستگی دارد.

فرآیندهای تشکیل سایت · فصل ۱۰

این فصل به چارچوب نظری مایکل شیفر برای درک فرآیندهای تشکیل سایت می‌پردازد. شیفر این فرآیندها را به دو دسته‌ی اصلی تقسیم می‌کند:

C-transforms (تبدیل‌های فرهنگی)

این فرآیندها ناشی از فعالیت انسانی هستند:

- **اکتساب**: به دست آوردن مواد خام
- **ساخت**: تولید ابزار و اشیاء
- **کاربری**: استفاده از اشیاء در فعالیت‌های روزمره
- **دفع**: دور انداختن یا رها کردن اشیاء
- **نگهداری**: تعمیر و بازیافت

N-transforms (تبدیل‌های طبیعی)

این فرآیندها ناشی از عوامل طبیعی هستند:

- **رسوب‌گذاری**: انباشت رسوبات بادی، رودخانه‌ای یا دامنه‌ای
- **فرسایش**: حذف رسوبات توسط آب یا باد
- **بیوتوربیشن**: اختلال توسط ریشه‌های گیاهی یا جانوران حفار

- **هوازدگی**: تجزیه‌ی شیمیایی و فیزیکی مواد
- **اختلال مکانیکی**: جابجایی توسط زلزله، یخبندان یا فرونشست

تافونومی

تافونومی مطالعه‌ی فرآیندهایی است که بر بقای و حفظ بقایای زیستی تأثیر می‌گذارند. این مفهوم در اصل در دیرینه‌شناسی شکل گرفت، اما اکنون در زمین باستان‌شناسی نیز کاربرد گسترده دارد.

درک این فرآیندها برای تفسیر صحیح یافته‌های باستانی ضروری است.

مطالعات موردی ·فصل ۱۱

این فصل به دو مطالعه‌ی موردی برجسته می‌پردازد که نشان‌دهنده‌ی قدرت فناوری‌های نوین در زمین باستان‌شناسی هستند.

پروژه‌ی لیدار مایا

این پروژه با استفاده از لیدار هوابرد، شبکه‌ی گسترده‌ای از شهرها، جاده‌ها و سیستم‌های کشاورزی تمدن مایا را در زیر پوشش جنگلی انبوه آمریکای مرکزی کشف کرد. این کشفیات برآورد جمعیت مایا را به طور چشمگیری افزایش داد و درک ما از پیچیدگی این تمدن را متحول کرد.

تشخیص جاده‌های رومی با CNN

این مطالعه نشان داد که شبکه‌های عصبی کانولوشنال می‌توانند جاده‌های رومی را در داده‌های لیدار با دقت بالا شناسایی کنند. این روش امکان نقشه‌برداری خودکار شبکه‌ی جاده‌ای امپراتوری روم را در مقیاس قاره‌ای فراهم می‌کند.

اخلاق و جهت‌گیری‌های آینده ·فصل ۱۲

این فصل به چالش‌های اخلاقی و جهت‌گیری‌های پژوهشی آینده در زمین باستان‌شناسی می‌پردازد.

اخلاق پژوهش

پنج اصل اخلاقی اصلی مطرح می‌شوند:

۱. **حفاظت**: حفظ میراث فرهنگی برای نسل‌های آینده

۲. **مشارکت:** همکاری با جوامع محلی و بومی

۳. **علم باز:** دسترسی آزاد به داده‌ها و نتایج

٤. **هوش مصنوعی مسئول:** استفاده‌ی اخلاقی از فناوری‌های یادگیری ماشین

٥. **استعمارزدایی:** بازنگری در روابط قدرت در باستان‌شناسی

آینده‌ی رشته

چهار جهت‌گیری اصلی برای آینده شناسایی می‌شوند:

۱. **چندحسگری:** ادغام داده‌های لیدار، رادار، مغناطیس و مقاومت الکتریکی

۲. **حسگرهای مستقل:** پهپادهای خودکار و ربات‌های زمینی

۳. **پالئوژنومیک:** تحلیل DNA باستانی برای بازسازی مهاجرت‌ها و تعاملات

٤. **مشارکت عمومی:** درگیر کردن شهروندان در پژوهش (citizen science)

پارینه‌لرزه‌شناسی و باستان‌لرزه‌شناسی • فصل ۱۳

این فصل به مطالعه‌ی زلزله‌های گذشته و تأثیر آن‌ها بر جوامع باستانی می‌پردازد. تمرکز ویژه بر ایران است که یکی از فعال‌ترین مناطق لرزه‌خیز جهان است.

مفاهیم پایه

پارینه‌لرزه‌شناسی (paleoseismology) مطالعه‌ی زلزله‌های پیش از دوران ثبت ابزاری است. این رشته از شواهد زمین‌شناسی برای بازسازی تاریخچه‌ی زلزله‌ها استفاده می‌کند.

باستان‌لرزه‌شناسی (archaeoseismology) زیرشاخه‌ای است که بر تأثیر زلزله‌ها بر سایت‌های باستانی تمرکز دارد.

مطالعات موردی از ایران

فصل به مطالعات موردی متعددی از ایران می‌پردازد:

- **زاگرس**: گسل‌های فعال و تاریخچه‌ی لرزه‌خیزی
- **البرز**: گسل مشاء و طالقان
- **تبریز**: زلزله‌های تاریخی و تأثیر بر بافت شهری
- **بم**: زلزله‌ی ۱۳۸۲ و آسیب به ارگ تاریخی
- **آستانه و خزر**: مطالعات ترانشه‌ای
- **دورود**: شواهد دگرشکلی در رسوبات

این مطالعات نشان می‌دهند که ایران آزمایشگاه طبیعی برای پژوهش‌های پارینه‌لرزه‌شناسی است.

ابزارهای روزآمد و سنت تاریخ‌نگاری فارسی

ابزارهای روزآمد

فصل با معرفی ابزارهای مدرن ادامه می‌یابد:

- **شبکه‌ی GPS فلات ایران**: برای پایش تغییرشکل‌های زمین‌ساختی
- **روش InSAR** (تداخل‌سنجی راداری): برای تحلیل پسارویدادی پارگی زلزله‌های متوسط و بزرگ

این روش‌ها در مطالعه‌ی زلزله‌های مهم ایران به کار رفته‌اند:

- زلزله‌ی رودبار–منجیل (۱۳۶۹)
- زلزله‌ی سرپل‌ذهاب (۱۳۹۷)

سنت تاریخ‌نگاری فارسی

فصل به سنت غنی تاریخ‌نگاری فارسی می‌پردازد که شامل گزارش‌های زلزله‌های تاریخی است:

- تاریخ طبری
- تاریخ بیهقی
- مجمل‌التواریخ
- جامع‌التواریخ رشیدالدین

پیامدها برای ارزیابی خطر

فصل با بحث درباره‌ی پیامدهای این یافته‌ها برای ارزیابی خطر لرزه‌ای ایران، به‌ویژه تهران، خاتمه می‌یابد.

دیرینه‌اقلیم‌شناسی فصل ۱۴

این فصل به بازسازی اقلیم گذشته و ارتباط آن با تحولات فرهنگی می‌پردازد.

هولوسن و اهمیت آن

هولوسن (۱۱/۷۰۰ سال پیش تا کنون) دوره‌ای است که کشاورزی، شهرنشینی و تاریخ ثبت‌شده در آن شکل گرفته‌اند. درک تغییرات اقلیمی این دوره برای فهم تحولات تمدنی ضروری است.

آرشیوهای دیرینه‌اقلیم

آرشیوهای اصلی برای بازسازی اقلیم گذشته عبارتند از:

- **رسوبات دریاچه‌ای**: حاوی اطلاعات درباره‌ی بارش و دما
- **اسپلئوتم‌ها** (رسوبات غاری): ثبت‌کننده‌ی تغییرات آب‌وهوایی بلندمدت
- **رسوبات دریایی**: نشان‌دهنده‌ی تغییرات دمای اقیانوس‌ها
- **یخ‌های قطبی**: آرشیوی از ترکیب اتمسفر گذشته

روش‌های تحلیل

روش‌های اصلی شامل:

- **تحلیل رسوبات دریاچه‌ای**: بررسی لایه‌بندی و ترکیب شیمیایی
- **پالینولوژی**: مطالعه‌ی دانه‌های گرده برای بازسازی پوشش گیاهی

بازسازی اقلیم هولوسن آسیای جنوب‌باختری

اقلیم هولوسن این منطقه در سه مرحله بازسازی شده است:

۱. **هولوسن اولیه** (۱۱٬۷۰۰–۸۲۰۰ سال پیش): دوره‌ی گرم و مرطوب

۲. **هولوسن میانی** (۸۲۰۰–۴۲۰۰ سال پیش): اوج رطوبت

۳. **هولوسن بالایی** (۴۲۰۰ سال پیش تا کنون): خشک‌شدن تدریجی

رویداد ۴.۲ کا و پیامدهای باستان‌شناختی

رویداد اقلیمی **۴/۲ کا** (۴۲۰۰ سال پیش) یک دوره‌ی خشکسالی شدید بود که با تحولات بزرگ تمدنی هم‌زمان شد:

- فروپاشی امپراتوری آکادی (بین‌النهرین)
- شهرنشینی‌زدایی دره‌ی سند
- پایان پادشاهی کهن مصر
- تغییرات سکونتی در مدیترانه، آناتولی و فلات ایران

آرشیوهای ایرانی

بخش پایانی فصل به آرشیوهای دیرینه‌اقلیمی فلات ایران اختصاص دارد. دریاچه‌ی ارومیه با ثبت درازمدت گرده در پلیستوسن پسین، دریاچه‌های زریبار و میرآباد در زاگرس باختری، دریاچه‌های مهارلو و پریشان در زاگرس جنوبی و رکوردهای پیت‌بوگ نئور در کوهستان طالش (شریفی و همکاران، ۱۳۹۳)، مهم‌ترین آرشیوهای منطقه را تشکیل می‌دهند. شبکه‌ی در حال رشد اسپلئوتم‌های ایران، شامل غارهای کبودان، کتله‌خور و غار اسپرید، رکوردهای روزآمدی با تفکیک بالا تولید می‌کنند. سه پژوهش روزآمد منتشر شده در سال ۲۰۲۶ میلادی، چارچوب موجود را به‌گونه‌ای درخور گسترش داده‌اند: ثبت ۲۶۰۰ ساله‌ی مغزه از رسوبات آلی کوه‌های جبال بارز در جنوب خاور ایران (واعظی و همکاران، ۱۴۰۴)،

تحلیل تاریخی پارینه–دریاچه‌ی ساوه در فلات مرکزی ایران (نظری و همکاران، ۱۴۰۴) و سنتز تکامل تالاب‌های ساحل جنوب خاوری کاسپین (لاهیجانی و همکاران، ۱۴۰۴).

درهم آمیختگی و تلفیق این آرشیوها با ثبت باستان‌شناختی ایران — از خاستگاه‌های کشاورزی نوسنگی در گنج‌دره و جارمو، تا شهرنشینی مفرغ در شهر سوخته و کنار صندل و توسعه‌ی فناوری قنات در دوره‌ی هخامنشی و ساسانی — یکی از بارورترین جبهه‌های پژوهشی معاصر در زمین باستان شناسی ایران است. یک نتیجه‌ی برجسته، شناسایی «دوران کوچک یخی پسین کلاسیک» (۵۴۰ تا ۶۶۰ میلادی) است که با سستی اواخر دوران ساسانی و استیلای تازیان همزمان است.

ساختار پیوست‌ها و اطلس دیداری

علاوه بر چهارده فصل اصلی متن، کتاب شامل مجموعه‌ای از پیوست‌های تخصصی و یک اطلس دیداری است که به عنوان منابع عملی برای پژوهشگران و دانشجویان طراحی شده‌اند.

ضمیمه‌ی الف واژه‌نامه‌ای از اصطلاحات فنی است که شامل بیش از ۳۰ مدخل کلیدی است. ضمیمه‌ی ب، فهرست نرم‌افزارهای متداول در دوازده دسته‌بندی موضوعی است: GIS دستی و وب، فتوگرامتری، پردازش ابر نقطه، تجسم لیدار، پردازش تصویر، یادگیری ماشین، تشخیص اشیا، آمار، کالیبراسیون سن‌یابی، مدل‌سازی سه‌بعدی و پایگاه داده‌ی فضایی. ضمیمه‌ی ج، فهرست منابع آنلاین معتبر شامل آرشیوهای تصاویر باز (Copernicus Open Access Hub، USGS EarthExplorer، OpenTopography) و پایگاه‌های کد و نرم‌افزار باز (QGIS، PDAL، PyTorch، TensorFlow) است.

ضمیمه‌ی د، استانداردهای داده و فراداده در حوزه‌ی فضایی است. ضمیمه‌ی ه، پروتکل‌های میدانی است که چهار حوزه‌ی اصلی را پوشش می‌دهد. ضمیمه‌ی و، الگوهای مستندسازی شامل برگه‌ی زمینه، گزارش نمونه، ثبت عکس و گزارش روزانه‌ی پروژه است. ضمیمه‌ی ز، مثال‌های عددی است که سه نمونه‌ی روشن از کالیبراسیون رادیوکربن، محاسبه‌ی شیب از مدل ارتفاعی و ماتریس درهم‌ریختگی یک طبقه‌بند دودویی را به طور تفصیلی نشان می‌دهد. اطلس دیداری، فهرستی از همه‌ی سی شکل علمی کتاب است که به ترتیب فصل سازماندهی شده‌اند.

بستر نهادی پژوهش در ایران

کار زمین باستان شناسی معاصر در ایران توسط شبکه‌ای از نهادهای پژوهشی و دانشگاهی صورت می‌گیرد. در سطح ملی، چند نهاد اصلی فعالیت می‌کنند: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و به ویژه پژوهشکده‌ی علوم زمین آن، که کانون اصلی پژوهش‌های دیرینه‌لرزه‌شناسی و تکتونیک فعال است؛ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (IIEES)؛ پژوهشکده‌ی باستان‌شناسی، که زیر نظر پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری فعالیت دارد و موزه‌ی ملی ایران که آرشیو ملی یافته‌های باستان‌شناختی را در اختیار دارد.

در سطح دانشگاهی، دانشگاه تهران با گروه‌های زمین‌شناسی، جغرافیا و باستان‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه تبریز، دانشگاه شیراز و چندین دانشگاه دیگر، در حوزه‌های متعدد زمین باستان شناسی فعالیت دارند. همکاری‌های بین‌المللی پایدار بین گروه‌های ایرانی و دانشگاه‌های مونپلیه، پاریس–سوربون، لیون، ماینز، دورهام، آکسفورد و دانشگاه‌های متعدد آلمان، فرانسه، ایتالیا، ایالات متحده و ژاپن، در طی دو دهه‌ی اخیر زمینه‌ساز برخی از مهم‌ترین پروژه‌های میدانی بوده‌اند.

ویژگی‌های برجسته و نوآوری‌ها

کتاب «زمین باستان شناسی و مفهوم دیداری» چند ویژگی متمایز دارد. نخست، ادغام نظام‌مند فناوری‌های دیداری نوین — لیدار، پهپاد، یادگیری ماشین — با چارچوب کلاسیک زمین باستان شناسی است. دوم، توجه ویژه به مطالعات موردی منطقه‌ی ایران — تپه‌ی سیلک، تخت‌جمشید، گسل مشاء، گسل شمال تبریز، ارگ بم، دریاچه‌های ارومیه و زریبار، غارهای کبودان و کتله‌خور — است.

سوم، گنجاندن دو فصل اختصاصی در زمینه‌ی دیرینه‌لرزه‌شناسی، باستان‌لرزه‌شناسی و دیرینه‌اقلیم‌شناسی است که در بسیاری از کتاب‌های مرجع به طور سطحی به آن‌ها پرداخته می‌شود. چهارم، تأکید بر اخلاق پژوهش و علم باز در عصر فناوری‌های دیجیتال است. پنجم، کتاب‌نامه‌ی جامع و به‌روز است که شامل حدود ۱۲۰ مرجع از مجلات و کتاب‌های معتبر بین‌المللی است که در ده بخش موضوعی سازماندهی شده است.

نتیجه‌گیری

زمین باستان شناسی به عنوان رشته‌ای میان‌رشته‌ای، در ده سال گذشته دستخوش تحول قابل توجهی شده است که در دو دهه‌ی قبل قابل پیش‌بینی نبود. ورود فناوری‌های دیجیتال — به ویژه لیدار، پهپاد و یادگیری ماشین — مقیاس مکانی و زمانی پژوهش را گسترش داده است و پرسش‌های جدیدی را که در گذشته به طور فنی غیرممکن بودند، امکان‌پذیر کرده است. در عین حال، ابزارهای کلاسیک — چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی، خاک‌شناسی، سن‌یابی، ژئوشیمی — همچنان به عنوان پایه‌ی روش‌شناختی این رشته باقی مانده‌اند و آنچه که دگرگون شده است، روش ادغام آن‌ها با ابزارهای جدید است.

فلات ایران، با تاریخ سکونت چندهزارساله، فعالیت تکتونیکی شدید، تنوع اقلیمی استثنایی و شبکه‌ی غنی از سایت‌های باستانی، یکی از بهترین مکان‌ها برای پژوهش‌های زمین باستان شناسی معاصر است. جامعه‌ی پژوهشی ایران، که در دو دهه‌ی اخیر به طور قابل توجهی توسعه یافته است، در حال حاضر در بسیاری از حوزه‌های موضوعی — به ویژه در دیرینه‌لرزه‌شناسی، باستان‌لرزه‌شناسی و دیرینه‌اقلیم‌شناسی — مشارکت فعالی در ادبیات بین‌المللی دارد.

> امید است که این کتاب، چه در جلد نخست به زبان انگلیسی برای مخاطبان بین‌المللی و چه در جلد دوم بصورت خلاصه‌ی فارسی برای مخاطبان داخلی، بتواند سهم کوچکی در این تحول ایفا کند.

جهت‌گیری‌های پژوهشی برای دهه‌ی آینده

بر اساس مرور ادبیات بین‌المللی ارائه‌شده در کتاب و تجربه‌ی پژوهشی نگارنده، پنج جهت‌گیری پژوهشی مشخص را می‌توان برای زمین باستان شناسی ایران در دهه‌ی آینده شناسایی کرد.

نخست، توسعه‌ی شبکه‌ی ملی پروژه‌های دیرینه‌اقلیم‌شناسی با تأکید بر مناطقی است که هنوز کمتر مطالعه شده‌اند: زاگرس خاوری، فلات مرکزی، سیستان و بلوچستان و نوار جنگلی کاسپین.

دوم، ترانشه‌زنی نظام‌مند گسل‌های اصلی فعال است، به ویژه گسل‌های اطراف کلان‌شهرهای ایران (تهران، اصفهان، مشهد، شیراز، تبریز).

سوم، ارتقای زیرساخت‌های آزمایشگاهی داخلی: تأسیس آزمایشگاه‌های کامل سن‌یابی رادیوکربن AMS، آزمایشگاه OSL، آزمایشگاه ایزوتوپ‌سنجی پایدار و آزمایشگاه میکرومرفولوژی.

چهارم، توسعه‌ی پایگاه‌های داده‌ی فضایی باز برای میراث فرهنگی ایران است که در آن لایه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، آب‌شناسی و پوشش زمین به همراه ثبت سایت‌ها، گاهنگاری و وضعیت حفاظت گردآوری شوند.

پنجم، تربیت نسل تازه‌ی پژوهشگران میان‌رشته‌ای است که توانایی کار همزمان در علوم زمین و باستان‌شناسی را داشته باشند.

واژه‌نامه‌ی فارسی – انگلیسی

این واژه‌نامه‌ی فشرده، اصطلاحات کلیدی به کار رفته در این جزوه و در کتاب اصلی را با معادل انگلیسی و تعریف کوتاه آن‌ها فهرست می‌کند. هدف، تسهیل دسترسی خواننده‌ی فارسی‌زبان به متن انگلیسی کتاب و به ادبیات بین‌المللی این رشته است.

فارسی	English	Definition
زمین باستان شناسی	**Geo-archaeology**	Interdisciplinary study at the intersection of Earth sciences and archaeology
چینه‌شناسی	**Stratigraphy**	Study of layered deposits and their temporal relationships
رسوب‌شناسی	**Sedimentology**	Study of sediments and their depositional environments
خاک‌شناسی	**Pedology**	Science of soil formation, classification and morphology
سن‌یابی رادیوکربن	**Radiocarbon dating**	Method based on ^{14}C decay; effective up to ~۵۰ ka
لومینسانس نوری برانگیخته	**OSL dating**	Trapped-charge dating method for quartz and feldspar sediments
دندروکرونولوژی	**Dendrochronology**	Tree-ring dating, annually resolved for the Holocene
ایزوتوپ پایدار	**Stable isotope**	Non-radioactive isotopes used as paleoenvironmental proxies
سنجش از دور	**Remote sensing**	Detection of surface features from satellite or airborne platforms
لیدار	**LiDAR**	Active laser-based mapping; can penetrate vegetation canopy
پهپاد	**UAV / Drone**	Unmanned aerial vehicle used for photogrammetric survey
فتوگرامتری	**Photogrammetry**	۳D reconstruction from overlapping photographs
ساختار از حرکت	**Structure from Motion**	Computer-vision-based ۳D reconstruction algorithm
شبکه عصبی پیچشی	**Convolutional NN (CNN)**	Deep learning architecture for image analysis
دقت	**Accuracy**	Proportion of correctly classified instances among all instances.
فراخوانی	**Recall**	Proportion of actual positive instances correctly identified by the model.
میانگین هارمونیک	**F۱-Score**	Harmonic mean of precision and recall.
میانگین	**Mean Average Precision**	Mean of average precision values computed over all classes.
بیش‌برازش	**Overfitting**	When a model learns training data too closely and performs poorly on unseen data.
تافونومی	**Taphonomy**	Study of the fate of organic remains after death
باستان‌لرزه‌شناسی	**Archaeoseismology**	Inference of past earthquakes from archaeological evidence
دیرینه‌لرزه‌شناسی	**Paleoseismology**	Geological identification of prehistoric earthquakes
گسل فعال	**Active fault**	Fault that has moved during the Quaternary and may rupture again
ترانشه	**Trench**	Excavation across an active fault to read its earthquake history

فارسی	English	Definition
دیرینه‌اقلیم‌شناسی	**Paleoclimatology**	Reconstruction of past climates from natural archives
اسپلئوتم	***Speleothem***	Cave carbonate deposit (stalagmite, stalactite, flowstone)
پالینولوژی	***Palynology***	Pollen analysis for vegetation and climate reconstruction
هولوسن	***Holocene***	Current interglacial period, begun ~۱۱,۷۰۰ yr BP
رویداد ۴.۲ کا	***۴٫۲ ka event***	Centennial-scale aridification ~۴,۲۰۰ yr BP

منابع کلیدی پیشنهادی

برای خوانندگانی که می‌خواهند پس از مطالعه‌ی این خلاصه به متن کامل کتاب یا به ادبیات تخصصی بیشتر مراجعه کنند، چند منبع کلیدی در ادامه پیشنهاد می‌شود.

مونوگراف‌های مرجع بین‌المللی

۱. Butzer, K. W. (۱۹۸۲). *Archaeology as human ecology: Method and theory for a contextual approach*. Cambridge University Press.

۲. Goldberg, P., & Macphail, R. I. (۲۰۰۶). *Practical and theoretical geoarchaeology*. Blackwell.

۳. Karkanas, P., & Goldberg, P. (۲۰۱۸). *Reconstructing archaeological sites: Understanding the geoarchaeological matrix*. Wiley-Blackwell.

٤. Rapp, G., & Hill, C. L. (۲۰۰۶). *Geoarchaeology: The earth-science approach to archaeological interpretation* (۲nd ed.). Yale University Press.

٥. Renfrew, C., & Bahn, P. (۲۰۲۰). *Archaeology: Theories, methods and practice* (۸th ed.). Thames & Hudson.

منابع مرتبط با ایران

۱. Ambraseys, N. N., & Melville, C. P. (۱۹۸۲). A History of Persian Earthquakes. Cambridge University Press.

۲. Berberian, M. (۲۰۱٤). Earthquakes and Coseismic Surface Faulting on the Iranian Plateau. Elsevier.

۳. Djamali, M., et al. (۲۰۰۸). A late Pleistocene long pollen record from Lake Urmia, NW Iran. Quaternary Research, ٦۹(۳), ٤۱۳–٤۲۰.

٤. Fathian, A., Koyi, H., Back, S., Nazari, H., et al. (٢٠٢٦). Onshore–offshore evidence for active tectonics and the propagation of the Zagros deformation front into the Persian Gulf. Quaternary Science Reviews.

٥. Hollingsworth, J., Nazari, H., Ritz, J.-F., et al. (٢٠١٠). Active tectonics of the East Alborz mountains, NE Iran; rupture of the left-lateral Astaneh fault system during the great ٨٥٦ AD Qumis earthquake. Journal of Geophysical Research, ١١٥, B١٢٣١٣.

٦. Kamali, Z., Nazari, H., Rashidi, A., et al. (٢٠٢٣). Seismotectonics, geomorphology and paleoseismology of the Doroud Fault, a source of seismic hazard in Zagros. Applied Sciences, ١٣, ٣٧٤٧.

٧. Lahijani, H. A. K., Nazari, H., Nie, J., Xiao, W., Lak, R., et al. (٢٠٢٦). Evolution of lagoon formation and desiccation along the southeast Caspian coast: a historical and modern perspective. Journal of Quaternary Science.

٨. Nazari, H., et al. (٢٠٠٩). Morphological and palaeoseismological analysis along the Taleghan Fault (Central Alborz, Iran). Geophysical Journal International, ١٧٨(٢), ١٠٢٨–١٠٤١.

٩. Nazari, H., & Ghorashi, M. (٢٠٢١). Paleoseismology (Persian translation of McCalpin, ٢٠٠٩, ٢nd ed.). Avand Danesh / RIES, Geological Survey of Iran. (Selected Book of the Year ٢٠٢٣, Islamic Republic of Iran).

١٠. Nazari, H., Ritz, J.-F., Burg, J.-P., Shokri, M., Haghipour, N., et al. (٢٠٢١). Active tectonics along the Khazar fault (Alborz, Iran). Journal of Asian Earth Sciences, ٢١٩, ١٠٤٨٩٣.

١١. Nazari, H., Ritz, J.-F., Fathian, A., Fazeli Nashli, H., Mahan, Sh., Vaezi, A., & Avagyan, A. (٢٠٢٦). Exploring the myth of Lake Saveh on the Iranian Plateau: the effects of climate change and civilizational evolution. The Holocene.

١٢. Ritz, J.-F., Nazari, H., Balescu, S., et al. (٢٠١٢). Paleoearthquakes of the past ٣٠ ٠٠٠ years along the North Tehran Fault, Iran. Journal of Geophysical Research, ١١٧, B٠٦٣٠٥.

١٣. Rizza, M., Mahan, S., Ritz, J.-F., Nazari, H., et al. (٢٠١١). Using luminescence dating from coarse matrix material to estimate fault slip-rate in arid domain: example of the Astaneh Fault (Iran). Quaternary Geochronology, ٦(٣–٤), ٣٩٠–٤٠٦.

١٤. Sharifi, A., et al. (٢٠١٥). Abrupt climate variability since the last deglaciation based on a high-resolution, multi-proxy peat record from NW Iran. Quaternary Science Reviews, ١٢٣, ٢١٥–٢٣٠.

درباره‌ی کتاب

کتاب «زمین‌باستان‌شناسی و مفهوم دیداری ـ یک واکاوی علمی» نگاهی یکپارچه به این رشته‌ی میان‌رشته‌ای ارائه می‌دهد که علوم زمین، باستان‌شناسی و فناوری‌های دیداری پیشرفته را برای بازسازی محیط فیزیکی گذشته‌ی انسان به‌هم پیوند می‌دهد. از روش‌های بنیادی تا ابزارهای روزآمد چون سنجش از دور، لیدار، فتوگرامتری پهپادی، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و هوش مصنوعی، این کتاب چارچوبی منسجم برای بررسی این فراهم می‌آورد که جوامع گذشته چگونه با محیط خود زیسته، با آن سازگار شده و آن را شکل داده‌اند.

با نگاهی جهانی و تمرکزی ویژه بر فلات ایران، این کتاب روش‌ها، مفاهیم و مطالعات موردی را ارائه می‌دهد که برای پژوهشگران، دانشجویان و مدیران میراث در عصری از تحولات سریع فناورانه ضروری است.

ویژگی‌های اصلی

- اخلاق، مدیریت میراث و مسیرهای آینده
- مطالعات موردی از سراسر جهان و ایران
- تأکید بر تشکیل سایت و بستر چشم‌انداز
- هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در باستان‌شناسی
- فناوری‌های دیداری پیشرفته و گردش‌کارهای دیجیتال
- پوشش جامع روش‌های زمین‌باستان‌شناسی

این اثر سنتزی مستند است که در چارچوب طرح پژوهشی شش‌ماهه‌ی «زمین‌باستان‌شناسی و مفاهیم دیداری: رویکردی مستند و دفتری» تهیه شده است. این کتاب دانش علمی موجود را گردآوری، سامان‌دهی و بازنویسی می‌کند تا مرجعی منسجم برای پژوهش و آموزش فراهم آورد.

UNESCO Chair on Coastal Geo-Hazard Analysis

Research Institute for Earth Sciences
Geological Survey of Iran

unesco Chair

هوش زمین کانسار
Intelligent Geo-Mine
I G M

ISBN 978-622-1582-14-3

۱۵. Stevens, L. R., Wright, H. E., & Ito, E. (۲۰۰۱). Proposed changes in seasonality of climate during the Lateglacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran. The Holocene, ۱۱(۶), ۷۴۷–۷۵۵.

۱۶. Vaezi, A., Routh, J., Naderi Beni, A., & Tavakoli, V. (۲۰۲۶). A ۲۶۰۰-year multi-proxy peat record from the Jebal Barez Mountains, south-eastern Iran: hydroclimatic oscillations and cultural context. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, ۶۹۶, ۱۱۳۸۸۳.

مقالات کلیدی روش‌شناختی

۱. Canuto, M. A., et al. (۲۰۱۸). Ancient lowland Maya complexity as revealed by airborne laser scanning of northern Guatemala. *Science, 361*(۶۴۰۹), eaau۰۱۳۷.

۲. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (۲۰۱۵). Deep learning. *Nature, 521*(۷۵۵۳), ۴۳۶–۴۴۴.

۳. Reimer, P. J., et al. (۲۰۲۰). The IntCal۲۰ Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve. *Radiocarbon, 62*(۴), ۷۲۵–۷۵۷.

۴. Schiffer, M. B. (۱۹۸۷). *Formation Processes of the Archaeological Record*. University of New Mexico Press.

حمید نظری

کرسی یونسکو در مخاطرات زمین شناختی ساحلی

پژوهشکده‌ی علوم زمین

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

بهار ۱۴۰۵ — ۲۰۲۶ میلادی