

## دیوار بزرگ گرگان: سن‌یابی به روش رخشانی بخشی از دیوار

مرتضی فتاحی<sup>۱\*</sup>، فرشته رضاخانی روزبهانی<sup>۱</sup>

جان لوک شونینگر<sup>۲</sup>، ابرهاد سوسر<sup>۳</sup>، حمید عمرانی<sup>۴</sup>، تونی ویلکینسون<sup>۵</sup>، جبرئیل نوکنده<sup>۶</sup>، قربانعلی عباسی<sup>۷</sup> و مجید محمودی<sup>۸</sup>

<sup>۱</sup>گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

<sup>۲</sup>مرکز تحقیقات زیست‌محیطی، دانشگاه آکسفورد، بریتانیا

<sup>۳</sup>دانشکده تاریخ و باستان‌شناسی، دانشگاه ادینبورگ، بریتانیا

<sup>۴</sup>مرکز تحقیقات باستان‌شناسی، سازمان میراث فرهنگی، ایران

<sup>۵</sup>دانشکده باستان‌شناسی، دانشگاه دورهام، بریتانیا

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۱۵، تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۱/۱۷)

### چکیده

دیوار بزرگ گرگان از شرق دریای خزر آغاز می‌شود و بعد از عبور از شمال آق‌قلعه، گمیشان و شمال گنبد تا کوه‌های گلیداغ در شمال شرق کلاله ادامه می‌یابد و در کوه‌های پیش‌کمر (ترکمن) محو می‌شود. پژوهش‌های باستان‌شناسی به‌منظور شناسایی و به‌نقشه کشیدن دیوار گرگان ۱۲۰ سال پیش از سوی ژاک دومرگان آغاز شد. سپس آرن در ۱۳۱۲، اریک اشمیت در ۱۳۱۶، محمد یوسف-کیانی در ۱۳۵۰ و دیگران تا سال ۱۳۵۷ آن را ادامه دادند. از ۱۳۵۷ تا ۱۳۷۸ (تشکیل استان گلستان) این پژوهش متوقف ماند. با شروع ساخت سد گلستان (سال ۱۳۷۸)، دیوار گرگان مورد توجه قرار گرفت و بعد از ۱۳۸۱ کاوش‌ها آغاز شد و تاکنون ادامه یافته‌است. این تحقیقات نشان داده است این دیوار با حدود ۲۰۰ کیلومتر طول، بزرگ‌ترین دیوار آجری جهان و بزرگ‌ترین دیوار دفاعی جهان پس از دیوار چین است. دیوار گرگان شامل حداقل ۳۳ دژ دفاعی است که احتمالاً محل استقرار سربازان بوده است. تقریباً در سراسر دیوار و در جلوی آن خندق یا کانال انتقال آب به عمق بیش از پنج متر وجود داشته است که آب را از طریق رودخانه «گرگان رود» به سمت خندق و کوره‌های آجرپزی و زمین‌های پایین‌دست هدایت می‌کرده است. متأسفانه به‌جز بخش‌های کوچکی از دیوار بزرگ گرگان که در زیر خاک مدفون مانده، تقریباً تمام این دیوار در طول سال‌ها بر اثر عوامل طبیعی و انسانی از میان رفته است. باین‌حال خوشبختانه امکان احیای بخش‌هایی از این دیوار وجود دارد. در مورد زمان ساخت دیوار نظرات مختلفی داده شده است که از ۴ قرن قبل از میلاد تا ۶ قرن پس از میلاد را پوشش می‌دهد. لذا تعیین قدمت این دیوار اهمیت بسیاری دارد. چنانچه سن ساخت دیوار تعیین می‌شد پاسخ بسیاری پرسش‌ها آسان می‌شد. به همین علت با حضور در منطقه اقدام به نمونه برداری برای سن‌یابی کردیم. در ۱۳۸۴ (۲۰۰۵) سه نمونه رخشانی و یک نمونه رادیوکربن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج سن‌یابی دوران ساخت این دیوار را در زمان ساسانیان نشان می‌دهد و این سن‌های مطلق به باستان‌شناسان و تاریخ‌دانان فرصت داد تا نظریه‌های علل و چگونگی ساخت دیوار را دقیق‌تر بیان کنند. با توجه به اهمیت دیوار گرگان این مقاله کوشش دیگری است تا ضمن توضیح عملیات سن‌یابی، این دیوار را به مردم بشناساند.

واژه‌های کلیدی: دیوار گرگان، سن‌یابی، رخشانی، رادیوکربن، تاریخچه

## Great Wall of Gorgan: OSL dating of part of the wall

Morteza Fattahi<sup>1,2</sup>, Freshtehe Rezakhani<sup>1</sup>

\*Corresponding

cyrus.esmaeili@birjand.ac.ir

\*نگارنده رابط:

author:

Jean-Luc Schwenninger<sup>2</sup>, Eberhard W. Sauer<sup>3</sup>, Hamid Omrani Rekavandi<sup>4</sup>, Tony J. Wilkinson<sup>5</sup>, Jebrael Nokandeh<sup>4</sup>, Ghorban Ali Abbasi<sup>4</sup>, Majid Mahmoudi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Geophysics, University of Tehran, Kargar Shomali, Tehran, Iran*

<sup>2</sup>*Oxford University Center of Environment, South Parks Road, Oxford, UK*

<sup>3</sup>*School of History and Archaeology, Edinburg University, Edinburg, UK*

<sup>4</sup>*Iranian Centre for Archaeological Research, Cultural Heritage Center, Iran*

<sup>5</sup>*Department of Archaeology, Durham University, South Road, Durham, UK*

(Received: July 6, 2014, accepted: April 6, 2015)

## Summary

The Great Wall of Gorgan in Northern Iran was around 200 km long from the Elburz Mountains into the south-east of the Caspian Sea and included over 33 forts. A canal at least 5 m deep, conducted water along most of the wall. The main research questions included how, when and why did people construct a wall of such enormous dimensions? To make such large quantities of bricks, it was essential to have a supply of flowing water. A water canal was fed by a complex system of supplier canals that ran along most of the wall. To ensure regular water flow, the route of the canal and the wall had to have a constant gradient. To achieve such a constant gradient over more than 100 km is the most impressive evidence for the high standards of Persian engineering.

Until 2005, there had been no consensus on the age of the Gorgan Wall. Some thought it had been built by the Macedonian king Alexander in the 4<sup>th</sup> c. BC; the wall is also known as 'Alexander's Barrier'. Others suggested it was built as late as the 6<sup>th</sup> c. AD under the great Persian king Khusrau I. Majority opinion, since the important fieldwork project by Dr Kiani (1982a and b) in the 1970s, favoured a 2<sup>nd</sup> or 1<sup>st</sup> c. BC construction.

In order to solve the question that which of these dating proposals is correct, the best way was to determine the absolute date of the wall. Among other dating methods carbon-14 and luminescence were the best for this purpose. <sup>14</sup>C is one of the most accurate methods but requires organic material. However, Gorgan wall is made of bricks. There are quartz and feldspar in loess that is the main material of the bricks. Quartz and feldspar are two main luminescence dosimeters. As bricks are cooked in ovens, the luminescence clock of quartz and feldspar inside the bricks will reset due to being exposed to a temperature more than 300°C. The sediments contain quartz and feldspar. When sediments are exposed to day light, their luminescence clock will reset. As soon as bricks cool down or the sediment that was exposed to light is buried, the luminescence clock will start again. The minerals inside the bricks and the sediment will be exposed to a radiation (alpha, beta and gamma). Such radiations are emitted by radioactive materials such as uranium, thorium and potassium-40. They damage the crystal structure and the atoms are ionised. Electrons separated from the atoms are trapped and their number are accumulated as time passes. We sampled one brick from the best-preserved section in Trench E (near the excavated Gorgan Wall brick kiln in Trench A) near the eastern terminal of the Gorgan Wall (Figs 5 and 6). Another brick was taken from the Gorgan Wall near Gonbad-e Kavus. We also collected one OSL sample sediment from below the foundations of the Gorgan Wall near Gonbad-e Kavus that predated the Gorgan wall (Fig 7). One bone was also collected from a trench close to Fort 9 which post-dated the

construction of wall (Fig 9). All four samples were transferred to and dated in Oxford University luminescence lab. The results of the OSL samples are presented in Table 1. The optically stimulated luminescence and radiocarbon dating conclusively proved that the Gorgan Wall had been built in during the Sasanian Empire. We hope to be able to narrow down this date further in the future.

**Keywords:** Gorgan Wall, OSL dating, radiocarbon dating, history

## ۱ مقدمه

بر اساس بررسی‌های اولیه باستان‌شناسی عرض دیوار در دشت ۱۰ متر و در نواحی کوهستانی حدود ۲ متر است.

آجرهای دیوار مرکب از خاک لس، کاه خرد شده ریز و درشت است. رنگ بیشتر آجرها متمایل به نخودی تا سرخ است و وزن تقریبی آنها بعد از پخت در کوره‌های آجرپزی ۲۱ تا ۲۴ کیلوگرم است (شکل ۲). قالب‌های خشت و طبیعتاً آجر بسیار بزرگ تقریباً مربعی شکل به ابعاد دودی ۴۰×۴۰×۱۰ و ۳۸×۳۸×۱۰ و ۳۷×۳۷×۱۰ و ۴۰×۲۰×۱۰ سانتی‌متر است. در ساخت دیوار بالغ بر یک‌صد میلیون آجر به کار رفته است. برای ساخت آجرها نیاز به آب و سوخت و کوره‌های آجرپزی بوده است.

دیوار گرگان در یک منطقه نیمه‌خشک ساخته شده است و در چنین منطقه‌ای آب موردنیاز برای تهیه آجرهای مورد استفاده برای ساخت‌وساز دیوار و نیز آب موردنیاز ساکنان قلعه به راحتی در دسترس نبوده است. لذا در زمان ساخت دیوار، به یک طرح مهندسی، برای محصور و هدایت کردن آب به درون خندق‌هایی که در امتداد بخش شمالی دیوار قرار داشتند نیاز بوده است. لذا دیوار گرگان با یک سامانه عظیم آبرسانی همراه بوده که شامل سدخاکی و کانال‌های مرتبط و نیز خندقی در امتداد دیوار بوده است. عرض خندق در طول مسیر بین ۳۰ متر در نواحی پست و هموار تا ۱۰ متر در نواحی کوهستانی متغیر بوده است. وضعیت کوهساری زمین از شرق به غرب بیانگر شیب ملایم به سمت دریای خزر است. لذا با

دیوار گرگان (شکل ۱) با طولی بیش از ۱۹۵ کیلومتر پس از دیوار چین و دیوار آهکی سیمز آلمان (حدود ۵۴۸ کیلومتر) طولانی‌ترین دیوار دنیا است (والدرون، ۱۹۹۰؛ نوکنده و همکاران، ۲۰۰۶). طول این دیوار سه برابر طول دیوار دفاعی هادریان و یا به عبارتی بیش از مجموع دو دیوار هادریان (سنگی) و آنتونین (خاکی) است که دو سازه جدا در بریتانیا هستند و مرزهای شمالی امپراتوری روم را مشخص می‌کرده‌اند. دیوار گرگان دومین دیوار بلند دفاعی جهان بعد از چین و احتمالاً بلندترین دیوار دفاعی آجری ساخته شده در دنیای باستانی است. دیوار گرگان بنا و ساخت محکم‌تری نسبت به همتای چینی خود دارد چرا که در ساخت دیوار چین برخلاف دیوار گرگان از سنگ بنای ساختمانی و آجر پخته استفاده نشده بلکه از مواد محلی در دسترس مثل خاک، سنگ‌های محلی و چوب گز استفاده شده ولی دیوار گرگان به‌طور کامل با آجر پخته ساخته شده است (والدرون، ۱۹۹۰). در طول دیوار بیش از ۳۳ قلعه با شکل‌ها و اندازه‌های متفاوت شناسایی شده است که عموماً دارای شکل چهارگوش یا مربعی هستند که با آجرکاری‌هایی شبیه آنچه در ساخت دیوار به کار رفته ساخته شده‌اند، فاصله بین این قلعه‌ها متغیر است و در ساخت آنها از آجرهای استاندارد استفاده شده که با خاک لس تهیه شده و در کوره پخته شده‌اند.

بهره‌گیری از این شیب آبگیری خندق از طریق گرگان‌رود با سد و کانال بوده است.



شکل ۱: تصویری قدیمی از دیوار گرگان (سوسر و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۲: نمونه‌ای از آجر دیوار که خط کش روی آن قرار گرفته است.

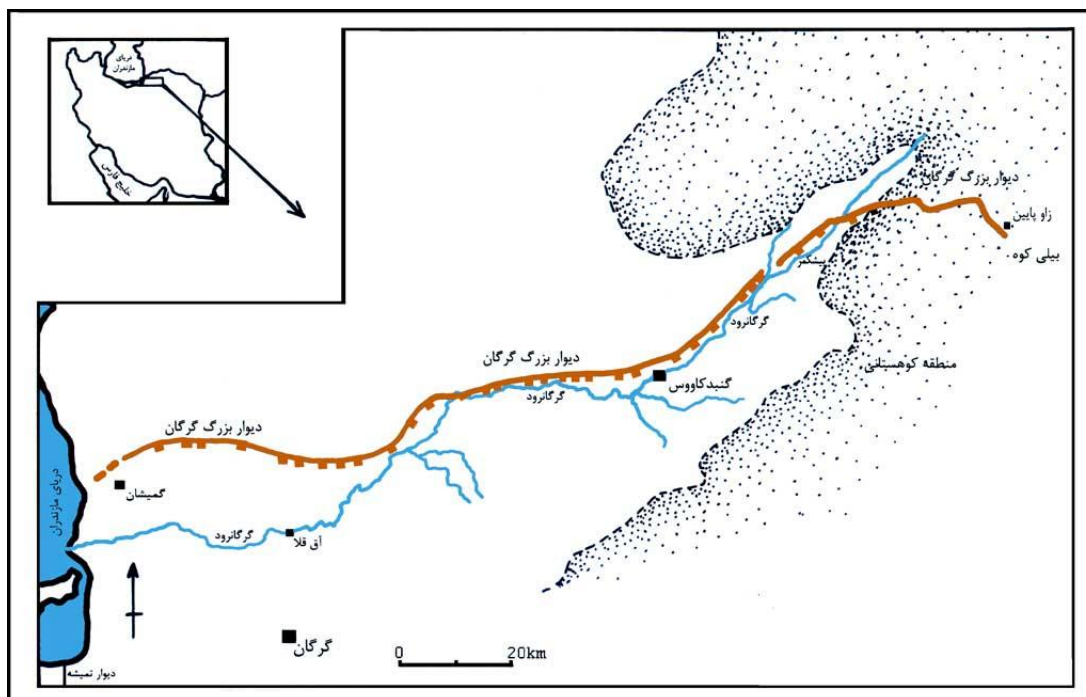
در سمت شمال شرق شهرستان کلالة در ارتفاعات پیش‌کمر (محل اتصال کوه‌های البرز و کپه داغ) ناپدید می‌شود (شکل ۳). یک وقفه تقریباً ۳ کیلومتری به واسطه وجود کوه‌های پیش‌کمر و صخره‌های تند در سمت جنوب، ایجاد دیوار در این محدوده را غیرضروری ساخته است. سپس از بالای خط‌الراس ارتفاعات عرب داغ به سمت دامنه‌های شیب‌دار دره خوجه طوق منتهی به گرگان‌رود ادامه یافته و پس از عبور از کوه نقدعلی و حرکت به سمت شرق از ضلع جنوبی گرگان‌رود و در امتداد آن و عبور از روستاهای گوناگون در پای صخره‌های ییلی کوه در محدوده پارک ملی گلستان ختم می‌شود (نوکنده و عمرانی، ۲۰۰۳). از آنجا که یال شرقی دیوار درون چشم‌اندازهای کوهستانی ناشناخته البرز امتداد یافته و انتهای غربی آن نیز به علت بالا آمدن آب دریای خزر به زیر آب فرو رفته است، دانش ما از انتهای دیوار کامل نیست و نیازمند بررسی و تحقیق بیشتر است.

با تمام این اوصاف این بنای تاریخی مارمانند به‌اندازه سایر هم‌تاهای باستانی خودشناخته شده نیست و کمتر سخنی از آن به میان آمده است. علت نام‌گذاری دیوار به نام دیوار بزرگ گرگان بیشتر بر پایه اسناد و مدارک موجود و اهمیت ایالت هیرکانیا یا گرگان امروزی در سیر تحولات تاریخی سرزمین پهناور ایران بوده است. این اثر فرهنگی در تابستان ۱۳۷۸ با شماره ۲۳۴۵ در فهرست آثار ملی کشور به ثبت رسیده و امید می‌رود که در فهرست میراث جهانی قرار گیرد.

## ۲ روش تحقیق

### ۱-۲ موقعیت جغرافیایی

دیوار گرگان در جهت شرقی - غربی و در بخش شمالی دشت گرگان ساخته شده و از کناره‌های جنوب شرقی دریای خزر در گمیشان شروع شده، بعد از عبور از بخش شمالی گنبد کاووس، با نزدیک شدن به کوه‌های گلیداغ،



شکل ۳: نقشه ساده دیوار گرگان و همیشه براساس یافته‌های کیانی ۱۹۸۲a و ۱۹۸۲b (نوکنده و همکاران، ۲۰۰۶).

## ۲-۲ تاریخچه دیوار گرگان

به دیوار بزرگ گرگان در نوشته‌های تاریخی به دلایل گوناگون نام‌های متفاوت نسبت داده شده است. برای مثال به این علت که در ساخت هسته مرکزی و قسمت‌های میانی آن ده‌ها میلیون قالب آجرهای سرخ رنگ به کار رفته است، در متون قدیمی با نام مار سرخ نامیده شده است، از جمله نام‌های دیگر این دیوار می‌توان به سد اسکندر، سد انوشیروان، سد فیروز، دیوار دفاعی گرگان و قزل‌آلان اشاره کرد. همچنین تاریخ‌های متفاوت و علل گوناگونی برای ساخت دیوار ذکر شده است. تا آنجا که تحقیقات ما نشان می‌دهد قدیم‌ترین نوشته تاریخی که مستقیماً به دیوار گرگان اشاره می‌کند مربوط به قرن نهم میلادی است. احمد ابن یحیی بلاذری تاریخ‌نگار دوران امپراتوری اسلامی که در ۸۹۲ میلادی فوت کرد می‌نویسد یزید ابن المحلب در سال ۷۱۷/۷۱۶ میلادی جرجان را فتح کرد که در کنار آن یک دیوار آجری وجود داشت که تا دریا ادامه داشت. با این حال متأسفانه اشاره‌ای به زمان ساخت دیوار نمی‌کند. سپس طبری (۹۲۳-۸۳۹ میلادی) به صورت غیرمستقیم به وجود دیوار در زمان پیروز (۴۸۴-۴۵۷) و کوروش (۵۷۹-۵۳۱) اشاره می‌کند. از آن زمان تا کنون بیش از پنجاه نویسنده، تاریخ‌های میلادی متفاوتی را برای ساخت دیوار پیشنهاد داده‌اند. این تاریخ‌ها شامل پیروز (۴۸۴-۴۵۷)، کوروش (۵۷۹-۵۳۱)، اسکندر (۳۳۰-۳۲۳)، مهرداد اول یا دوم (۱۳۸-۸۷)، یزدگرد دوم-کوروش اول (۵۷۹-۴۳۸)، شاپور دوم (۳۷۹-۳۰۹)، اوایل دوران اسلام، شش تا ده هزار سال پیش، دوران ساسانیان، دوران پارتیان، دوره اشکانیان، قبل از پارتیان و قبل از ساسانیان است.

اگرچه در منابع تاریخی-جغرافیایی ساخت این دیوار به اسکندر مقدونی (۴ قرن قبل از میلاد مسیح) تا خسرو شاه

اول (۶ قرن پس از میلاد) نسبت داده شده است، تا سال ۲۰۰۵ هیچ سن مطلقاً برای این دیوار به دست نیامده بود. پیرو تحقیقات مهم میدانی که دکتر کیانی در سال‌های پس از ۱۹۷۰ عملی ساخت، نظر اکثریت بر این شد که دیوار در دوران اول تا دوم قبل از میلاد ساخته شده است. این دوره از لحاظ زمانی و دوره تاریخی با زمان ساخت دیوار چین (۲ قرن قبل از میلاد) مطابقت دارد و شاید به تبعیت از آن در برابر یورش بیابانگردان واحدهای آسیای مرکزی احداث شده است.

## ۳-۲ تاریخچه پژوهش‌های باستان‌شناسی

ژاک دمورگان فرانسوی اولین کسی بود که در ۱۸۸۶ کاوش‌هایی روی سمت راست دیوار به انجام رساند (نوکنده و همکاران، ۲۰۰۶). حدود ۶۰ سال بعد شخصی با نام آرن بخش‌هایی از دیوار را شناسایی و معرفی کرد. در ۱۹۵۰ اریک اسمیت خلبان امریکایی براساس یافته‌های آرن بر فراز منطقه پرواز کرد و عکس‌های هوایی تهیه کرد (نوکنده و همکاران، ۲۰۰۶). او یک خط سرخ روی زمین و در کنار دریا پیدا کرد. اگرچه بررسی‌های باستان‌شناسی آرن را می‌توان اساس اکتشافات بعدی فرض کرد، اما اولین تحقیقات جدی روی این منطقه در ۱۹۷۱ از سوی یک تیم باستان‌شناسی به رهبری کیانی عملی شد. کیانی هم‌زمان با کاوش در شهر باستانی جرجان به تحقیقات میدانی روی دیوار گرگان نیز پرداخت. وی براساس شواهدی از جمله اندازه آجرها و نوع معماری دیوار و یافته‌هایی مانند سفال‌ها در سایت‌های مورد بررسی، معتقد بود که دیوار گرگان تقریباً هم‌زمان با دیوار چین و در دوره حکومت اشکانیان (۲۴۷ قبل از میلاد تا ۲۲۹ بعد از میلاد) ساخته شده و در دوره ساسانیان (قرن‌های ۳ تا ۷ میلادی) حدوداً در زمان پادشاهی پیروز شاه بازسازی و

حدود ۹۰۰ سال در مورد سن‌های پیشنهادی از طرف دانشمندان متعدد را محدودتر کنند. به همین علت از نویسنده اول مقاله حاضر دعوت به همکاری شد.

۲-۴ اهمیت تعیین دوران ساخت یا سن دیوار گرگان دیوار گرگان در بسیاری از جهت‌ها هنوز در جهان بی‌بدیل است اما معماهای بسیاری را با خود همراه دارد؛ از طریق چه کسی و یا در چه دورانی و چرا چنین دیواری در چنین مقیاس فوق‌العاده‌ای و با چنین پیچیدگی و مهارتی ساخته شده است؟ مهم‌ترین سؤال تاریخی آن بود که این دیوار دفاعی برای مقابله با چه خطری ساخته شد؟ آیا این دیوار به‌خاطر تهدیدات و تهاجمات همسایگان شمالی ساخته شده یا یک اقدام امنیتی در زمان صلح بوده است؟ آیا کل دیوار در یک دوران ساخته شده و یا در چند مرحله، آیا دیوار در دورانی ساخته شده و در دوران دیگری بازسازی شده است؟

به‌منظور پاسخ گفتن به سؤال‌های فوق تعیین سن بخش‌های گوناگون دیوار نقش تعیین‌کننده دارد، زیرا سن‌ها نشان می‌دهد آیا کل دیوار در یک دوران ساخته شده و یا در چند مرحله، آیا دیوار در دورانی ساخته شده و در دوران دیگری بازسازی شده است؟ با دانستن دوران دقیق‌تر ساخت دیوار، تفسیر تاریخی معنی‌دار دیوار قابل دسترس شده است و سرعت زیادی به پیشرفت طرح می‌دهد. تعیین سن ساخت دیوار بهترین روش علمی در یافتن حکومت سازنده دیوار و مراجعه به تاریخ و نقشه‌ها برای یافتن حکومت‌های همسایه گرگان و بررسی تاریخی اینکه آیا دیوار به خاطر جلوگیری از خطر حمله حکومت‌ها یا قبایل شمالی ساخته شده و یا به خاطر بیمه کردن منطقه بسیار حاصل‌خیز گرگان از حمله‌های موردی و یا اساساً دیوار و قلعه‌ها کاربرد نظامی محدود داشته و هدف اصلی از ساخت آنها دفاع دائمی از امپراتوری ایران (پارتیان یا ساسانیان یا دودمان‌های دیگر) بوده است.

تعمیر شده است. اما کار گروه کیانی به علت تغییر حکومت ایران متوقف شد.

پس از مدتی در دهه ۱۹۹۰ در طی انجام بخشی از فعالیت‌های مربوط به ساخت‌وساز سد گلستان که آبیاری همه مناطق تحت پوشش دیوار را برعهده دارد، کارگران هنگام حفر کانال‌های آبیاری سد گلستان، بقایا و ویرانه‌های یک سد قدیمی و کانال‌های آن و یک سامانه انتقال آب را در این منطقه پیدا کردند (در واقع در محل تلاقی دیوار و کانال‌های زهکشی سد). این مسئله باعث شد تا یک تیم از باستان‌شناسان ایرانی با هدایت و رهبری جبرائیل نوکنده، عهده‌دار کاوش این ویرانه‌ها شدند. از آن پس این طرح یکی از طرح‌های مهم سازمان میراث فرهنگی ایران به رهبری نوکنده و عمرانی شد.

از سویی تاریخ‌شناس آلمانی ابرهارد ساوئر عضو هیئت علمی دانشگاه ادینبورگ در کتب تاریخی با دیوار گرگان آشنا شد و تصمیم به تحقیق در مورد آن گرفت، به ایران آمد و با نوکنده و عمرانی آشنا شد. با توجه به اهمیت جهانی این دیوار، در ۲۰۰۵ یک تفاهم‌نامه پنج‌ساله بین سازمان میراث فرهنگی ایران و دانشگاه‌های ادینبورگ و دورهام به‌منظور اجرای یک کار تیمی مشترک به رهبری دکتر ابرهارد ساوئر روی این دیوار امضا شد.

این گروه، تحقیقات خود را در شرایط بد و نامطلوبی عملی ساخت، چرا که پیشرفت‌های شهری و روستایی باعث آسیب دیدن دیوار و دست‌درازی کردن به بخشی از آن شده بود و حضور این پیشرفت‌ها باعث تأخیر و مشکلات زیادی برای ادامه کار تیم شد. هدف طرح بررسی جامع دیوار گرگان با استفاده از فناوری‌های مدرن مثل ژئوفیزیک و سن‌یابی به‌منظور روشن ساختن ساختار مهندسی دیوار (آرشیستیک)، نحوه و نقش عملکرد دیوار و تعیین دوران ساخت آن بود. لذا علاقمندان و متخصصان زیادی در این طرح مشغول شدند. از جمله برنامه‌های این تیم طبیعتاً سن‌یابی دیوار بود تا بتواند اختلاف زمانی

براساس بررسی‌های اولیه به نظر می‌رسید که دیوار و قلعه‌ها کاربرد نظامی محدود داشته‌اند و بیشتر در نقش یک دژ دائمی برای ارتش به کار می‌رفته‌اند. لذا امید بود تا سن‌ها به شناخت ساختار قسمت‌های اصلی ارتش آن دوران کمک کند؛ به‌ویژه آنکه در خصوص دوران اشکانیان، اطلاعات ما از ارتش، محدود به متون کلاسیک و تعدادی کارهای هنری است (سوسر و همکاران، ۲۰۱۴).

### ۳ تعیین سن مطلق دیوار گرگان

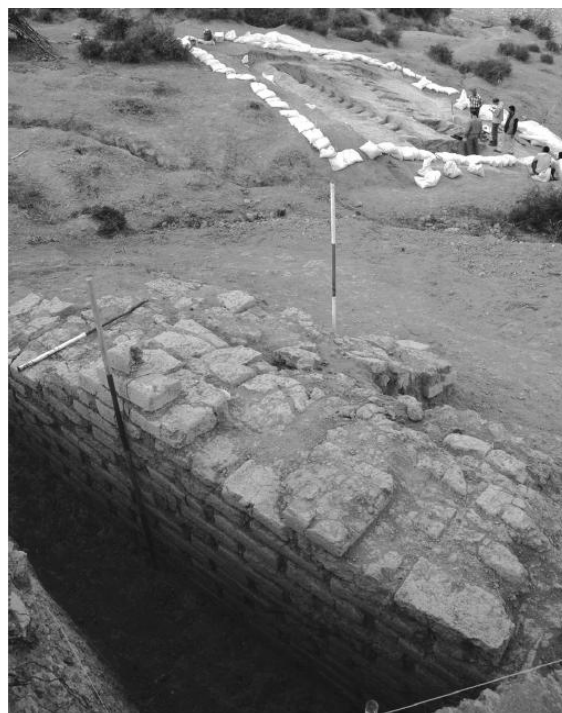
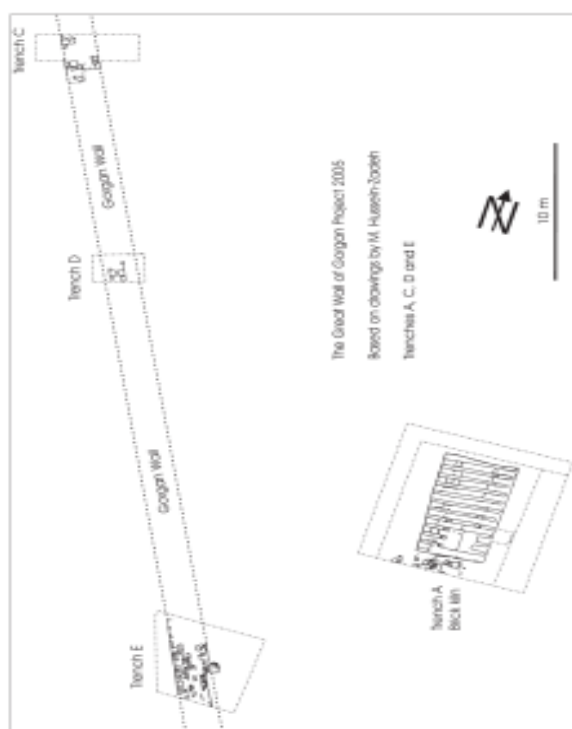
در اولین عملیات صحرائی در ۲۰۰۵ شاید مهمترین هدف تیم تحقیقاتی تعیین سن دیوار بود. دیوار از آجر ساخته شده بود و هیچ ماده آلی در آن وجود نداشت تا بتوان با روش رادیوکربن آن را سن‌یابی کرد. در منطقه سنگ آنچنانی جهت ساخت دیوار محکم دفاعی وجود نداشته است ولی به وفور لس دیده می‌شود (شکل ۴). لذا برای ساخت دیوار از خاک لس و آجر استفاده شده بود. خاک لس و آجر قابل سن‌یابی به روش رخشانی نوری و گرمایی هستند. زیرا سیگنال رخشانی با در معرض نور قرار گرفتن کمتر از یک دقیقه و یا گرم شدن آجر تا ۳۰۰ درجه سلسیوس، صفر می‌شود. به عبارت دیگر ساعت رخشانی هنگام ساخت دیوار می‌باید صفر شده باشد. لذا رخشانی، بهترین روش سن‌یابی دیوار تشخیص داده شد.

به همین علت در پی یافتن آجر در بدنه دیوار بودیم. متأسفانه مردم طی ده‌ها سال گذشته آجرهای دیوار را از محل دیوار دزدیده و برای ساخت ساختمان‌ها و حتی قبرها استفاده کرده بودند، لذا آجر به صورت پراکنده و حتی در قبرستان موجود بود. ولی برای کار علمی ضروری بود تا نمونه از دیوار گرگان گرفته شود. به همین علت جست‌وجوی دیوار در کنار کوره آجرپزی ترانشه A که در شیب تپه قرار داشت (و به نظر می‌رسید به‌علت موقعیت ویژه آن فقط برای ساخت دیوار کاربرد داشته) با مغناطیس سنج شروع شد. سه منطقه ۳۰×۳۰ متر مورد بررسی قرار گرفت و سرانجام به‌علت پراکندگی آجرها در منطقه ناصاف، نتیجه‌ای حاصل نشد. ترانسه‌های C, E, D براساس مشاهدات سطح زمین و کنده‌کاری زده شد (شکل ۵). علیرغم آنکه بقایای دیوار در هر سه ترانسه موجود بود، اما ارتفاع آجرهای ترانسه C, D بسیار کم بود، درحالی‌که در ترانسه E تا ارتفاع ۱,۴۷ متر حفظ شده بود. لذا نمونه یک از ترانسه E در کنار ترانسه A (که کوره‌ای است که آجرهای ترانسه E در آن پخته شده است) و در نزدیک انتهای شرقی قرار دارد گرفته شد (شکل ۶).





شکل ۴. صخره لسی در کنار رودخانه تنگر، مقابل دیوار گرگان نشان دهنده حجم عظیم لسی برای ساخت آجر است.



شکل ۵. سمت راست: عکس ترانشه E در محل دیوار و ترانشه A در محل کوره (که محققان را در حال کار نشان می‌دهد). سمت چپ: نقشه طرحوار از محل

ترانشه‌های A, C, D و E.

داشت (نمونه ۲) و دیگری از یک نمونه رسوبی و درست از زیر دیوار گرفته شد (نمونه ۳) تا سن قبل از ساخت دیوار به دست آید (شکل ۷). هم‌زمان نمونه‌هایی برای سنجش رطوبت برداشت شد. دز سالانه ۷٪ به وسیله

علاوه بر این نمونه، از ناحیه دیگری که دیوار گرگان به واسطه شسته شدن توسط کانال جدید آب در نزدیک گنبد کاووس در معرض دید قرار گرفته بود دو نمونه برداشت شد. یکی از آجری که در بخشی از دیوار وجود

شد و به خاطر رعایت امنیت بیشتر، ترانشه بصورت پله ای کنده شد (شکل ۹) سپس یک نمونه استخوان گوسفند یا بز (نمونه ۴) در عمق ۲,۳۲ متری زیر پنج مارک که به نظر مربوط به دوران فعال بودن خندق بود برداشت و برای سن یابی به روش رادیوکربن به دانشگاه آکسفورد منتقل شد.

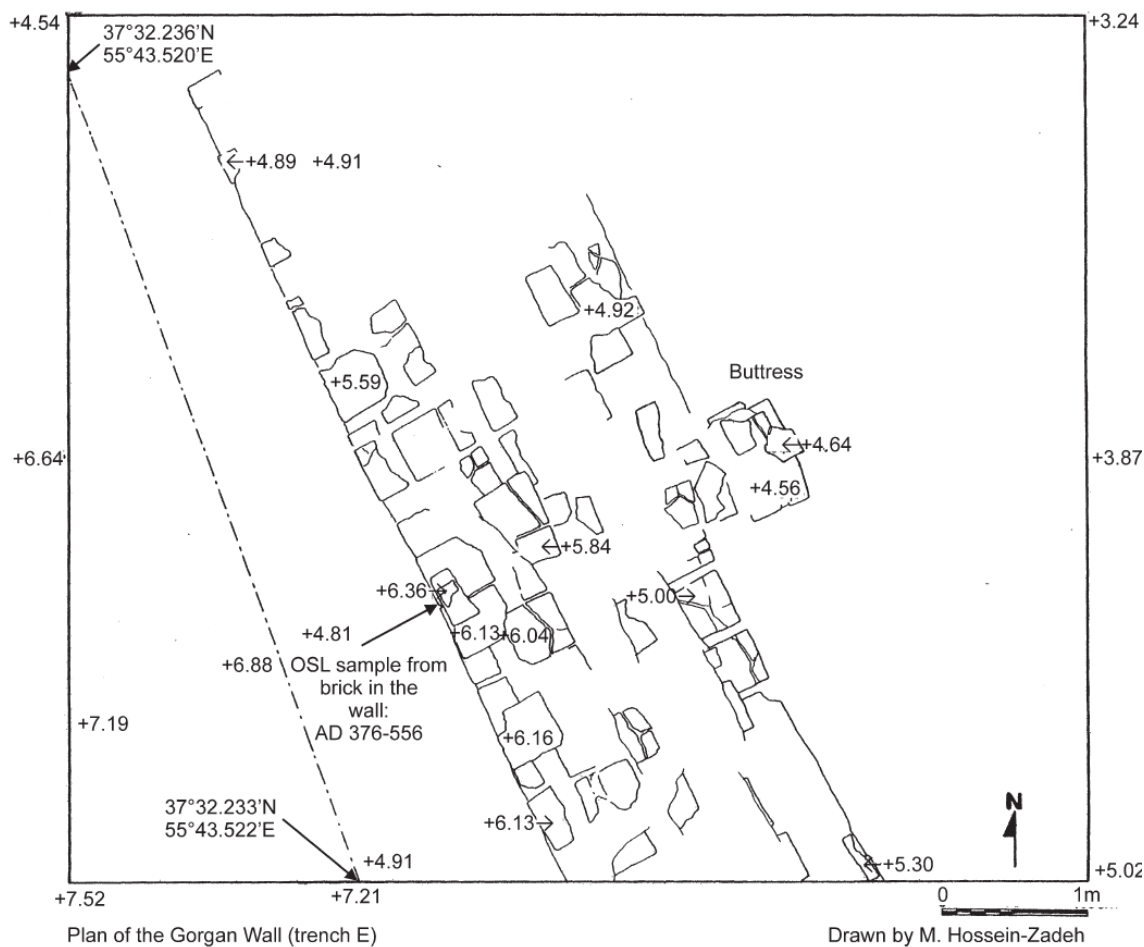
### ۳-۱ سن یابی به روش رخشانی

فرایند سن یابی به روش رخشانی را می توان در ساده ترین مدل با استفاده از مفهوم تراز انرژی توضیح داد (شکل ۱۰). الکترون های موجود در لایه ظرفیت اتم های کوارتز، از تابش عنصرهای پرتوزای مجاور (عمدتاً اورانیم  $^{238}\text{U}$ ، توریم  $^{232}\text{Th}$ ، و پتاسیم  $^{40}\text{K}$ ) در خاک و نیز پرتوهای کیهانی، انرژی می گیرند و به تراز بالاتری از انرژی که لایه رسانش نام دارد، صعود می کنند. جای خالی الکترون در لایه ظرفیت در اصطلاح حفره نامیده می شود. بدین ترتیب، یک زوج الکترون- حفره پدید می آید. اما، الکترون ها در باند رسانش و حفره ها در باند ظرفیت، پایدار نیستند، و به همین علت به سمت نواقص موجود در شبکه بلور، که همانند تله عمل می کنند کشیده می شوند و در آنها گیر می افتند. در شکل ۱۰،

اندازه گیری پرتو  $\gamma$  به کمک طیف سنج  $\gamma$  صورت گرفت. نمونه ها به گونه ای که در معرض نور قرار نگیرند (در داخل پلاستیک های سیاه ضد نور)، جمع آوری و برای سن یابی به آزمایشگاه رخشانی دانشگاه آکسفورد انتقال داده شدند.

اگر چه امیدی به یافتن مواد عالی در بدنه دیوار نبود ولی امکان یافتن مواد عالی در کنار دیوار بود. با این حال معلوم نیست که این ماده ربطی به زمان ساخت دیوار داشته باشد. با توجه به اینکه در شمال دیوار خندق وجود داشته و در خندق آب در جریان بوده است، در صورت یافتن مواد عالی در آن می توان سن آن را کمی پس از ساخت دیوار در نظر گرفت. از طرفی پیدا کردن سن فعالیت خندق اطلاعات فراوانی در مورد تاریخچه آن می دهد. لذا تصمیم گرفته شد تا ترانشه ای نزدیک یک قلعه زده شود تا اطلاعات علمی در مورد بخشی از خندق به دست آید.

با توجه به شرایط توپوگرافی به نظر می رسد که در کنار قلعه ۹ امکان رسوب گذاری مواد سبک مثل استخوان در خندق وجود داشته است. از طرفی تحقیقات اکتشافی با استفاده از مغناطیس سنج (شکل ۸) به منظور بررسی منطقه نشان داده بود که تمرکز زیاد مواد مغناطیسی در آنجا شاید به علت وجود سرامیک ها و یا سقوط یکی از برج های قلعه باشد. این امر توجیه زدن ترانشه عمیق را جدی تر کرد. ترانشه حفر شد اما متأسفانه در عمق کمی به آب رسید. با استفاده از پمپ قوی، آب دائماً تخلیه می



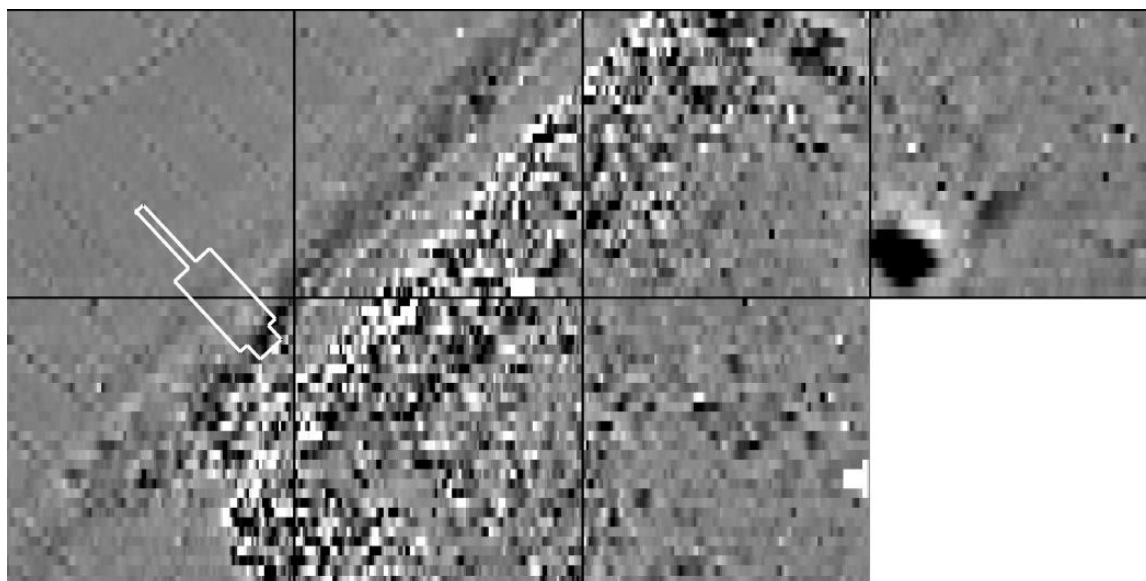
شکل ۶. نقشه طرحوار از محل برداشت نمونه یک رخشانی نوری (OSL) در ترانشه E.

که باعث ایجاد سیگنال رخشانی معادل سیگنال به وجود آمده از دز طبیعی (بازترکیب الکترون‌ها و حفره‌ها) می‌شود دز معادل دز طبیعی گفته می‌شود که با  $De$  نمایش داده می‌شود. از سوی دیگر مقدار دزی که یک نمونه هر سال دریافت کرده است، آهنگ تابش طبیعی یا آهنگ دز نامیده می‌شود. با تعیین دز معادل در آزمایشگاه و اندازه‌گیری آهنگ دز در محل یا در آزمایشگاه، سن نمونه را می‌توان با تقسیم دز معادل دز طبیعی که نمونه در طول مدت دفن بودن دریافت کرده است، بر آهنگ دز رادیواکتیو که نمونه هر سال از محیط دریافت کرده است به دست آورد.

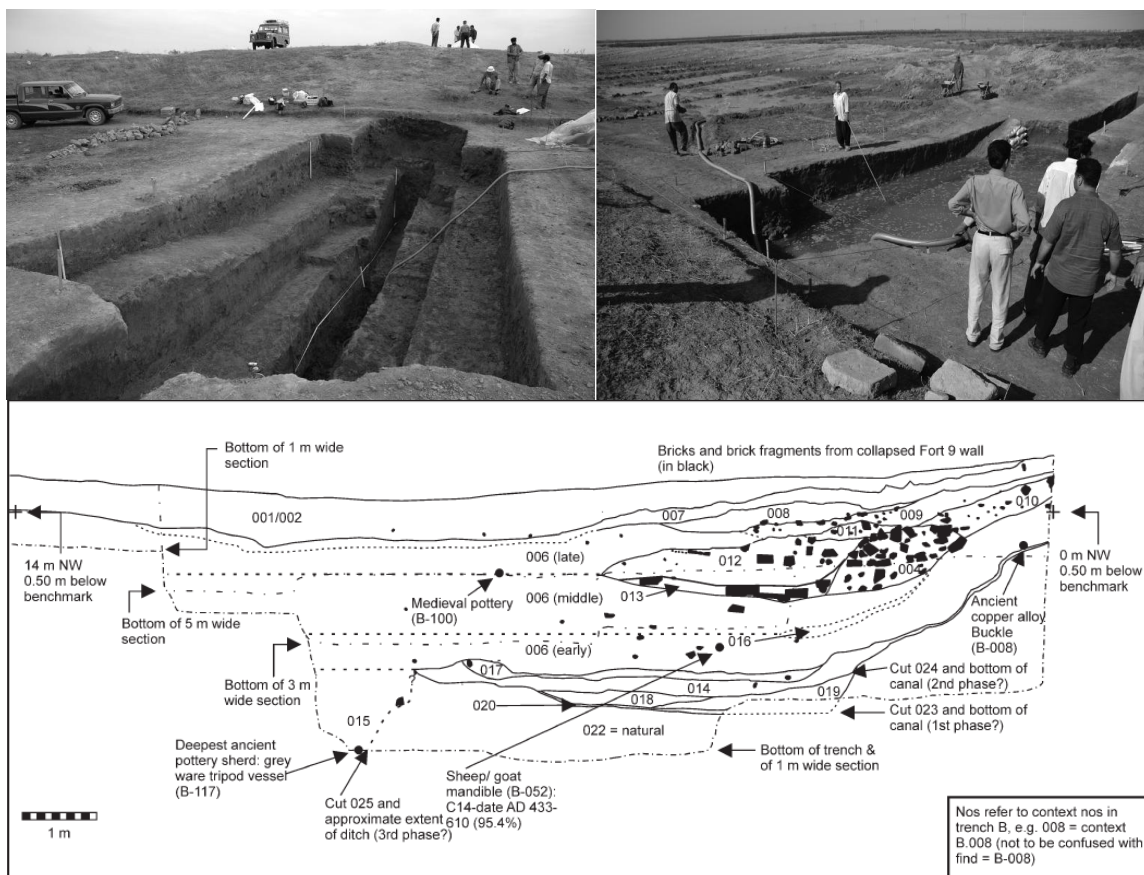
تله‌هایی که الکترون‌ها در آنها گیر می‌افتند T و تله‌هایی که حفره‌ها در آنها گرفتار می‌شوند L نام‌گذاری شده‌اند. مادامی که یک عامل انرژی نظیر نور یا گرما، الکترون‌ها و حفره‌ها را از این تله‌ها رها نکند، انباشت آنها همچنان ادامه می‌یابد. در OSL با تابش نور به نمونه (کانی کوارتز خالص که از رسوبات جدا شده است) در آزمایشگاه، الکترون‌ها و حفره‌ها را تحریک کرده و آنها را از تله‌ها آزاد می‌کنند. این الکترون‌ها و حفره‌های رها شده یکدیگر را پیدا می‌کنند و با هم ترکیب می‌شوند، انرژی از بازترکیب آنها حاصل و به صورت فوتون گسیل می‌شود. این فوتون‌ها نوری تولید می‌کنند که همان سیگنال رخشانی است. میزان دز پرتوزای آزمایشگاهی



شکل ۷. بخشی از دیوار گرگان که به واسطه بریده و شسته شدن با کانال جدید آب نزدیک گنبد کاووس در معرض دید قرار گرفته است. از این ناحیه دو نمونه برداشت شد.



شکل ۸. اکتشافات مغناطیس سنجی در شمال غربی قلعه ۹ توسط دیوید پارکر، استیو ویلسون (مرکز ژئوفیزیک باستان‌شناسی دانشگاه ایننگدون) و با کمک حمید عمرانی صورت گرفت که براساس آن محل ترانشه B (رنگ سفید) تایید شد. هر مربع ۳۰×۳۰ متر است. محل جغرافیای مربع سمت چپ پایین،  $13,767E$ ,  $37^{\circ} 18,429 N$ ,  $05^{\circ}$ .



شکل ۹. بالا: عکس‌های ترانسه B که در شکل ۸ اشاره شده است. پایین: نقشه طرحوار از ترانسه B که محل نمونه استخوان گوسفند یا بز در ترانسه در کنار قلعه ۹ را نشان می‌دهد.

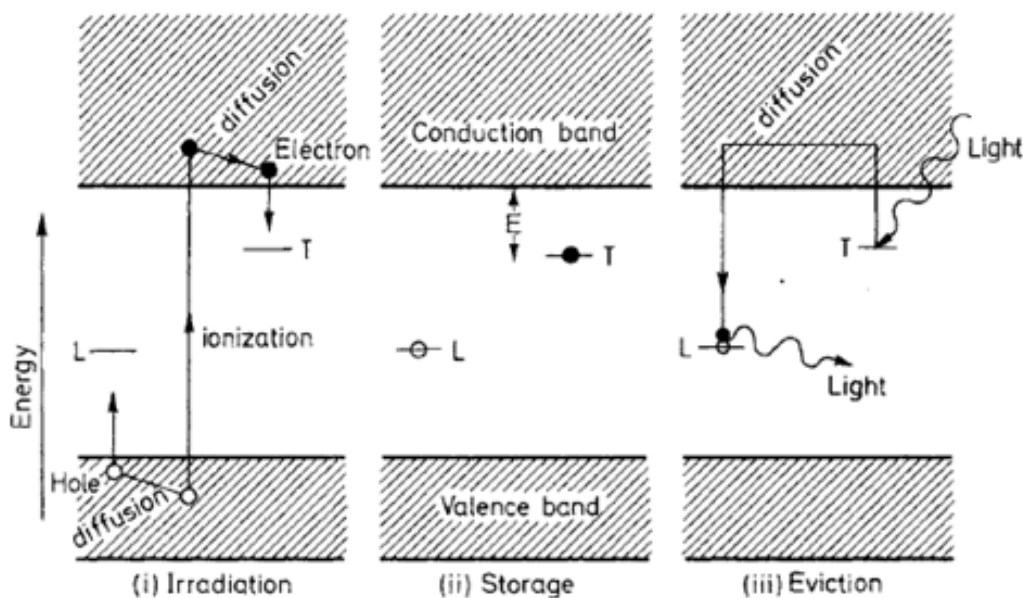
استفاده شد. نمونه‌های کوارتز خالص جداگانه روی دیسک‌ها چسبانده شد و عملیات اندازه‌گیری دز معادل دز طبیعی رخشانی به روش یک الیکوت بازتولید صورت گرفت. در ابتدا میزان توانایی دانه‌ها در تولید رخشانی طبیعی اندازه‌گیری شد. سپس با دادن دز  $\beta$  به میزان معین و مقایسه نسبی منحنی‌های نزولی حاصل از سیگنال طبیعی و مصنوعی میزان دز معادل دز طبیعی حدس زده شد. تحلیل نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار آنالیست صورت گرفت.

به منظور اندازه‌گیری دز سالانه، میزان اورانیم، توریم، پتاسیم برای آجرها با ICP و نمونه رسوبی با ترکیبی از ICP و طیف‌سنج گاما اندازه‌گیری شد و با در نظر گرفتن ارتفاع نمونه، اثر پرتو کیهانی محاسبه شد. دز سالانه با

### ۲-۳ شرایط آزمایش

همه آزمایش‌ها در آزمایشگاه سن‌یابی به روش رخشانی دانشگاه آکسفورد و تحت نور بسیار ضعیف سرخ و در اتاق تاریک صورت گرفت. اندازه‌گیری‌ها به کمک دستگاه خودکار *Riso Tl-DA.15* که توانایی اندازه‌گیری رخشانی نوری و گرمایی را دارد و مجهز به یک منبع پرتوزا  $^{90}\text{Sr}/\text{Y}^{90}$  (تولیدکننده پرتو  $\beta$ ) که توانایی تولید دزی به میزان حدود ۴ گری در دقیقه را داشت صورت گرفت. شدت نور تابشی برای تحریک نمونه حدود چهارصد میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع بود. نمونه در تاریکی تحت عملیات شیمیایی و فیزیکی گوناگون قرار گرفت و کوارتز از آن جدا شد. به منظور سن‌یابی کوارتز از دانه‌های با اندازه بین ۹۰-۱۲۵ و ۱۸۰-۲۲۵ میکرون

احتساب میزان رطوبت نمونه محاسبه شد. با تقسیم دُز معادل به دُز سالانه، سن نمونه‌ها به دست آمد. نتایج در جدول ۱ آمده است.



شکل ۱۰. نمایش تراز انرژی فرایند OSL.

- (۱) یونش ناشی از قرار گرفتن بلور در معرض شار تابش‌های هسته‌ای و گیرافتادن الکترون‌ها و حفره‌ها در نقص‌های شبکه (تله‌ها)، به ترتیب T و L.
- (۲) انباشت الکترون‌ها و حفره‌ها در تله‌ها با گذشت زمان.
- (۳) با تابش نور با طول موج مناسب به نمونه، الکترون‌ها از تله‌ها آزاد می‌شوند و برخی از آنها به مراکز رخشانی می‌رسند، در این صورت نور (OSL) در جریان باز ترکیب در این مراکز تولید می‌شود، آیتکن (۱۹۹۸).

جدول ۱. نتایج سن‌های به دست آمده به روش رخشانی نوری.

کد آزمایشگاهی	ترانشه	نوع نمونه	اهمیت زمانی	عمق (متر)	Palaeodose (Gy)	Dose rate (Gy/ka)	سن قبل از ۲۰۰۶	سن (AD)
x2687 نمونه ۱	E	آجر برداشت شده از ردیف ۷ از پایین	زمان ساخت دیوار	۱,۲۰	$0,12 \pm 4,43$	$0,15 \pm 2,87$	$90 \pm 1540$	۵۵۶-۳۷۶
x2697 نمونه ۲	40S 0339265, 4127983 (2005)	نمونه خاک داخل تیوب	قبل از زمان ساخت دیوار	۱,۲۰	$0,12 \pm 4,64$	$0,15 \pm 2,80$	$100 \pm 1760$	۴۴۶-۲۴۶
x2698 نمونه ۳	UTM 40S 0339265, 4127983 (2005)	آجر	زمان ساخت دیوار	۱,۰۰	$0,04 \pm 4,21$	$0,14 \pm 2,60$	$100 \pm 1720$	۴۸۶-۲۸۶

## ۴ نتیجه‌گیری

همه سن‌ها به تاریخ ساخت‌وساز ساسانیان اشاره دارد و ما تقریباً با اطمینان می‌توانیم ارتباط دیوار با دوران اشکانی را رد کنیم. در این دوران امپراطوری ایران در حال جنگ با همسایگان شمالی بود؛ به طوری که پیروزشاه، پادشاه ساسانی در سال‌های ۴۵۹ تا ۴۸۴ میلادی مکرراً در گرگان باستان (نزدیک گناباد جدید) در جنوب دیوار گرگان مستقر بود تا با تهدید قوم هون‌های سفید و دیگر اقوام شمالی مقابله کند. بنابراین احتمالاً پادشاهان ساسانی برای محافظت از دشت حاصل‌خیز گرگان و جلوگیری رخنه این اقوام به داخل ایران، این دیوار را ساخته‌اند.

اطمینان ما از صحت سن‌های به‌دست آمده با مشاهده انطباق توالی چینه‌شناسی منطقه با اولین و آخرین سن احتمالی به‌دست آمده افزایش یافت. سن به‌دست آمده با روش OSL برای یک نهشته قدیمی‌تر از دیوار (۴۴۶-۲۴۶ میلادی)، در شرایط نسبی بیشتر از هریک از سن‌های علمی به‌دست آمده برای دیوار تعیین و سن‌یابی رادیوکربن برای استخوان حیوان که مربوط به بقایای قلعه ۹ بود (۶۱۰-۴۳۳ میلادی) مربوط به دوران بعد از تاریخ نهشته‌ها است. نتایج آزمایش‌ها چه با روش رادیوکربن و چه با روش رخشانی نوری (OSL)، نشان دادند که دیوار گرگان، به‌طور قطع در اواخر قرن پنجم و یا اوایل قرن ششم میلادی ساخته شده‌اند.

تشکر و قدردانی

از همه کسانی که در طرح دیوار گرگان و اجرای عملیات صحرائی همراه ما بودند تشکر می‌کنیم. نگارنده اول از حمایت مالی دانشگاه تهران در قالب طرح پژوهشی شماره ۶۲۰۱۰۰۲/۱/۰۴ تشکر می‌کند. از داوران محترم مقاله حاضر صمیمانه سپاسگزاریم.

## منابع

- نوکنده، ج؛ و عمرانی رکاوندی، ح.، ۲۰۰۳، بررسی باستان‌شناسی دیوار گرگان: گزارش منتشر نشده، مرکز تحقیقات باستان‌شناسی ایران، تهران.
- Aitken, M.J., 1998, *An Introduction to Optical Dating: The dating of Quaternary sediments by the use of photon-stimulated luminescence*: Oxford University Press, Oxford, 267.
- Kiani, M.Y., 1982a, Excavations of the defensive Wall of the Gorgan Plain: Iran, *Journal of the British Institute of Persian Studies*, **20**, 73-79.
- Kiani, M.Y., 1982b, *Parthian Sites in Hyrcania. The Gorgan Plain*: Archäologische Mitteilungen aus Iran Ergänzungsband 9, Berlin.
- Nokandeh, J., Sauer, E.W., Omrani Rekavandi, H., Wilkinson, T., Abbasi, G.A., Schwenninger, J.-L., Mahmoudi, M., Parker, D., Fattahi, M., Usher-Wilson, L.S., Ershadi, M., Ratcliffe, J. and Gale, R. 2006, Linear Barriers of Northern Iran: The Great Wall of Gorgan and the Wall of Tammishe: *Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies*, **44**, 121-73.
- Sauer, E W., Omrani H., Wilkinson T J., Nokandeh, J, 2014, *Persia's Imperial Power in late Antiquity. The Great Wall of Gorgan and the Frontier Landscapes of sasaninan Iran*: OxBOW Books. P710.
- Waldron, A., 1990, *The Great Wall of China: From History to Myth*: Cambridge.

