

**روش‌های هیدروژئولوژی کارست**

**جلد اول**

**ترجمه**

**دکتر مهرنوش قدیمی**

**دکترابراهیم مقیمی**

**دکتر آرش ملکیان**

**فهرست مطالب**

[فصل اول ........................................................................................................................................................................................................1](#_Toc436647056)

[مقدمه ............................................................................................................................................................................................................1](#_Toc436647057)

[1-1- هدف کتاب ..................................................................................................................................................................................................1](#_Toc436647058)

[1-2-1- تکامل آبخوان .......................................................................................................................................................................................................3](#_Toc436647059)

[2-2-1- ناهمگنی مکانی (Heterogeneity) ...............................................................................................................................................................3](#_Toc436647060)

[3-2-1- تأثیر مقیاس هدایت هیدرولیکی ....................................................................................................................................................................4](#_Toc436647061)

[4-2-1- دوگانگی تغذیه و نفوذ ........................................................................................................................................................................................5](#_Toc436647062)

[5-2-1- دوگانگی تخلخل، جریان و ذخیره ......................................................................................................................................................................6](#_Toc436647063)

[6-2-1- تغییرپذیری زمانی .................................................................................................................................................................................................6](#_Toc436647064)

[3-1- مرور روشهای استفاده شده در مطالعۀ آبخوانهای کارستی ............................................................................................................................7](#_Toc436647065)

[4-1- چه چیز میتواند اشتباه باشد: مثالی از منطقه واکرتن، کانادا ........................................................................................................................11](#_Toc436647066)

[فصل دوم .........................................................................................................................................................................................................14](#_Toc436647067)

[چارچوبهای زمین شناسی و ژئومورفولوژی ...........................................................................................................................................14](#_Toc436647068)

[1-2- مقدمه .........................................................................................................................................................................................14](#_Toc436647069)

[2-2- کانی شناسی، سنگ شناسی و چینه شناسی ...................................................................................................................................................15](#_Toc436647070)

[2-2-2- سنگهای دارای قابلیت کارستی شدن .............................................................................................................................................................17](#_Toc436647071)

[3-2-2- تاثیر سنگ شناسی بر قابلیت کارستی شدن .................................................................................................................................................19](#_Toc436647072)

[4-2-2- از لیتواستراتیگرافی به هیدرواستراتیگرافی ................................................................................................................................................20](#_Toc436647073)

[3-2- ساختارهای زمین شناسی ...................................................................................................................................................................................23](#_Toc436647074)

[1-3-2- چین خوردگیها .................................................................................................................................................................................................23](#_Toc436647075)

[2-3-2 گسل ها .................................................................................................................................................................................................................24](#_Toc436647076)

[3-3-2- درزه ها و سطوح لایه بندی .............................................................................................................................................................................27](#_Toc436647077)

[4-3-2- مطالعات شکستگی .........................................................................................................................................................................................29](#_Toc436647078)

[4-2- ژئومورفولوژی .........................................................................................................................................................................................................30](#_Toc436647079)

[1-4-2- طبقه بندی شکلهای کارستی و نقشه برداری ژئومورفولوژیک .................................................................................................................30](#_Toc436647080)

[2-4-2- ارتباط بین شکلهای کارست و هیدروژئولوژی ............................................................................................................................................33](#_Toc436647081)

[5-2- خلاصه .....................................................................................................................................................................................................................36](#_Toc436647082)

[فصل سوم ............................................................................................................................................................................................38](#_Toc436647083)

[پروژه های غارشناسی ........................................................................................................................................................................38](#_Toc436647084)

[1-3- مقدمه ....................................................................................................................................................................................38](#_Toc436647085)

[3-2 استفاده از دادههای اندازه گیری غار در هیدروژئولوژی ...................................................................................................................................42](#_Toc436647086)

[3-2-1- نقشه برداری غار ...............................................................................................................................................................................................42](#_Toc436647087)

[2-2-3- مدلسازی سه بعدی غار ....................................................................................................................................................................................44](#_Toc436647088)

[3-2-3 موقعیت یابی دقیق و تعیین مکان چاه ها در داخل غار ..............................................................................................................................47](#_Toc436647089)

[4-2-3-تفسیر مطالعات غار ..........................................................................................................................................................................................48](#_Toc436647090)

[5-2-3- موقعیت مجاری فعال مورد نظر و ویژگی های آنها .....................................................................................................................................50](#_Toc436647091)

[1-5-2-3 - روشهای آماری ...........................................................................................................................................................................................50](#_Toc436647092)

[3-5-2-3- روشهای تجربی ...........................................................................................................................................................................................51](#_Toc436647093)

[6-2-3- پیدایش غار و شناسایی مرحلۀ توسعۀ شبکه های غار ...............................................................................................................................52](#_Toc436647094)

[7-2-3- میزان دسترسی اطلاعات غار برای هیدرولوژیست ها ..................................................................................................................................54](#_Toc436647095)

[3-3- روش خاص تحقیق در محیط غار ......................................................................................................................................................................55](#_Toc436647096)

[1-3-3- تحلیل مورفولوژی مجرا ...............................................................................................................................................................................55](#_Toc436647097)

[3-3-3- ردیابی آب در داخل غارها .............................................................................................................................................................................56](#_Toc436647098)

[4-3- مانیتورینگ آب در غار .......................................................................................................................................................................................57](#_Toc436647099)

[1-4-3- مقدمه ................................................................................................................................................................................................................57](#_Toc436647100)

[2-4-3- شناسایی منطقۀ نفوذ جریان .......................................................................................................................................................................58](#_Toc436647101)

[1-2-4-3- انتخاب سایت و تجهیزات ........................................................................................................................................................................58](#_Toc436647102)

[2-2-4-3- روشهای تفسیر ............................................................................................................................................................................................59](#_Toc436647103)

[3-4-3- شناسایی ویژگیهای حمل و نقل در منطقۀ نفوذ .......................................................................................................................................60](#_Toc436647104)

[5-3- خلاصه ....................................................................................................................................................................................................................66](#_Toc436647105)

[آدرس کسانی که از رادیو غار استفاده میکنند .............................................................................................................................................................67](#_Toc436647106)

[فصل چهارم ...........................................................................................................................................................................................69](#_Toc436647107)

[روشهای هیدرولوژیک ..........................................................................................................................................................................69](#_Toc436647108)

[1-4 مقدمه ...........................................................................................................................................................................................69](#_Toc436647109)

[2-4- خصوصیات عمومی هیدرولوژیک سیستم آبخوانهای کارستی حوزۀ آبخیز ..............................................................................................70](#_Toc436647110)

[3-4 مفهوم اساسی بیلان آب .........................................................................................................................................................................................73](#_Toc436647111)

[4-4- هیدروگراف چشمه ها ............................................................................................................................................................................................76](#_Toc436647112)

[5-4- پایش بارش و تغذیه ..........................................................................................................................................................................................78](#_Toc436647113)

[1-5-4مقدمه ..................................................................................................................................................................................................................78](#_Toc436647114)

[2-5-4- اندازه گیرهای دستی .....................................................................................................................................................................................79](#_Toc436647115)

[3-5-4- دستگاه های سنجش باران با ثبت اتوماتیک (خودکار) ...........................................................................................................................80](#_Toc436647116)

[4-5-4- رادار داپلر .........................................................................................................................................................................................................81](#_Toc436647117)

[6-4- اندازه گیری جریان آب .......................................................................................................................................................................................82](#_Toc436647118)

[1-6-4 مقدمه .................................................................................................................................................................................................................82](#_Toc436647119)

[3-6-4- اندازه گیری مستقیم دبی ................................................................................................................................................................................85](#_Toc436647120)

[4-6-4- مولینه ................................................................................................................................................................................................................86](#_Toc436647121)

[5-6-4- فلومها و سرریزها ...............................................................................................................................................................................................89](#_Toc436647122)

[6-6-4- رقیق سازی مادۀ ردیاب ...................................................................................................................................................................................91](#_Toc436647123)

[7-6-4- روشهای غیرمستقیم .......................................................................................................................................................................................93](#_Toc436647124)

[8-6-4- اندازهگيري چکانه های غار ...........................................................................................................................................................................95](#_Toc436647125)

[7-4- ثبت الکترونیکی داده ها ...................................................................................................................................................................................96](#_Toc436647126)

[8-4- خلاصه ....................................................................................................................................................................................................................100](#_Toc436647127)

[فصل پنجم ..........................................................................................................................................................................................102](#_Toc436647128)

[روش هاي هيدروليكي ........................................................................................................................................................................102](#_Toc436647129)

[1-5 مقدمه .........................................................................................................................................................................................102](#_Toc436647130)

[2-5- عوامل هیدروژئولوژیک و هيدروليكي .............................................................................................................................................................102](#_Toc436647131)

[1-2-5- تخلخل، تخلخل مؤثر و ظرفيت نگهداري .................................................................................................................................................102](#_Toc436647132)

[2-2-5- هد هيدروليكي ................................................................................................................................................................................................106](#_Toc436647133)

[3-2-5- قابلیت انتقال و هدایت هيدروليكی ............................................................................................................................................................109](#_Toc436647134)

[4-2-5- سرعت آب زيرزميني ....................................................................................................................................................................................110](#_Toc436647135)

[5-2-5- جريان آب زيرزميني .....................................................................................................................................................................................112](#_Toc436647136)

[1-5-2-5- مقدمه .......................................................................................................................................................................................................112](#_Toc436647137)

[2-5-2-5- جريان از طريق شكستگيها .....................................................................................................................................................................115](#_Toc436647138)

[3-5-2-5- جريان از طريق لوله ها (مجاری) و كانالها .............................................................................................................................................117](#_Toc436647139)

[3-5- آزمايش های چاه هاي هيدروليكي ................................................................................................................................................................118](#_Toc436647140)

[1-3-5- مقدمه ..............................................................................................................................................................................................................118](#_Toc436647141)

[2-3-5- آزمونهای توپک ..............................................................................................................................................................................................118](#_Toc436647142)

[3-3-5- آزمون اسلاگ .................................................................................................................................................................................................123](#_Toc436647143)

[4-5- آزمایش پمپاژ آبخوان ..........................................................................................................................................................................................126](#_Toc436647144)

[1-4-5- مقدمه ..................................................................................................................................................................................................................26](#_Toc436647145)

[2-4-5- تحلیل داده ها ..................................................................................................................................................................................................128](#_Toc436647146)

[3-4-5 ناهمسان گردی آبخوان ....................................................................................................................................................................................141](#_Toc436647147)

[4-4-5- قابلیت انتقال مناطق آبخوان گسسته .......................................................................................................................................................142](#_Toc436647148)

[5-5- خلاصه .................................................................................................................................................................................................................144](#_Toc436647149)

[فصل ششم .........................................................................................................................................................................................146](#_Toc436647150)

[روش های هیدروشیمیایی ..................................................................................................................................................................146](#_Toc436647151)

[1-6 مقدمه ..........................................................................................................................................................................................146](#_Toc436647152)

[2-6 شاخص و فرآیندها ..............................................................................................................................................................................................146](#_Toc436647153)

[1-2-6 نکات کلی ..........................................................................................................................................................................................................146](#_Toc436647154)

[2-2-6- شاخص مربوط به بارش ...............................................................................................................................................................................148](#_Toc436647155)

[3-2-6 شاخص های مربوط به خاک ..........................................................................................................................................................................149](#_Toc436647156)

[4-2-6- شاخص های مربوط به سنگهای کربناته ..................................................................................................................................................152](#_Toc436647157)

[5-2-6- شاخص های مربوط به انواع دیگر سنگ .....................................................................................................................................................155](#_Toc436647158)

[6-2-6- ترکیبات با منشأ انسانی ................................................................................................................................................................................155](#_Toc436647159)

[1-6-2-6- عناصر تغذی های .......................................................................................................................................................................................156](#_Toc436647160)

[2-6-2- فلزات ................................................................................................................................................................................................................156](#_Toc436647161)

[3-6-2-6- ترکیبات آلی ..............................................................................................................................................................................................157](#_Toc436647162)

[4-6-2-6- میکروارگانیسم ها ......................................................................................................................................................................................159](#_Toc436647163)

[3-6- روشها و فنون نمونه برداری ...............................................................................................................................................................................160](#_Toc436647164)

[1-3-6- نمونه برداری زمانی و مکانی .....................................................................................................................................................................160](#_Toc436647165)

[2-3-6- مکانهای نمونه برداری .....................................................................................................................................................................................161](#_Toc436647166)

[3-3-6- فراوانی نمونه ها ...............................................................................................................................................................................................162](#_Toc436647167)

[4-3-6- روشهای نمونه برداری ....................................................................................................................................................................................162](#_Toc436647168)

[4-6- روش های تحلیلی ..............................................................................................................................................................................................165](#_Toc436647169)

[1-4-6- روشهای اندازه گیری پیوسته ......................................................................................................................................................................165](#_Toc436647170)

[2-4-6- روشهای آزمایشگاهی ...................................................................................................................................................................................166](#_Toc436647171)

[1-2-4-6- مرور کلی ....................................................................................................................................................................................................166](#_Toc436647172)

[2-2-4-6- تیتراسیون (Titration) ........................................................................................................................................................................167](#_Toc436647173)

[3-2-4-6- کروماتوگرافی یونی .....................................................................................................................................................................................167](#_Toc436647174)

[4-2-6-4- طیف سنجی اشعۀ ماورای بنفش UV/VIS .......................................................................................................................................167](#_Toc436647175)

[5-2-4-6- AAS، AES و ICP- MS ........................................................................................................................................................................168](#_Toc436647176)

[5-6- تفسیر داده های هیدروشیمیایی آب ...............................................................................................................................................................169](#_Toc436647177)

[1-5-6- مقدمه ..............................................................................................................................................................................................................169](#_Toc436647178)

[2-5-6- ارزیابی عملکرد آبخوان با استفاده از شاخص های مربوط به انحلال سنگ آهک ................................................................................169](#_Toc436647179)

[3-5-6- ارزیابی زمان ماندگاری (Residence time) و منشأ آب .....................................................................................................................175](#_Toc436647180)

[1-3-5-6- شاخص های مربوط به اثر متقابل آب- سنگ ...................................................................................................................................175](#_Toc436647181)

[2-3-5-6- شاخص های اشباع ....................................................................................................................................................................................175](#_Toc436647182)

[3-3-5-6- شاخص های مربوط به خاک ..................................................................................................................................................................176](#_Toc436647183)

[4-3-5-6- شاخص های مربوط به سیستم کربنات .................................................................................................................................................176](#_Toc436647184)

[4-5-6- شناسایی جریانهای ورودی جانبی ............................................................................................................................................................178](#_Toc436647185)

[5-5-6- شرح و کمیسازی اختلاط .............................................................................................................................................................................179](#_Toc436647186)

[1-5-5-6- نمودارهای تخلیه و جریان .....................................................................................................................................................................179](#_Toc436647187)

[2-5-5-6- تفکیک هیدروگراف .................................................................................................................................................................................179](#_Toc436647188)

[6-5-6- تجزیه و تحلیل جهانی با استفاده از روشهای آماری .................................................................................................................................181](#_Toc436647189)

[6-6- بررسی منشأ و سرنوشت آلاینده ها .................................................................................................................................................................182](#_Toc436647190)

[1-6-6- تشخیص آلودگیهای چشمه های کارستی ................................................................................................................................................182](#_Toc436647191)

[2-6-6- کمی کردن سطوح آلودگی ............................................................................................................................................................................185](#_Toc436647192)

[3-6-6- شناسایی منابع آلودگی .................................................................................................................................................................................187](#_Toc436647193)

[4-6-6- بررسی سرنوشت آلودگی ................................................................................................................................................................................188](#_Toc436647194)

[7-6- خلاصه ...................................................................................................................................................................................................................188](#_Toc436647195)

[منابع ..................................................................................................................................................................................................................................187](#_Toc436647196)

**مقدمه مترجمان**

کتاب روش­های هیدروژئولوژی کارست تالیف آقایان نیکُ گلدشایدر از مرکز هیدروژئولوژی دانشگاه نوشاتل سوئیس و دیوید درو از دانشکدۀ جغرافیا دانشگاه ترینتی دوبلین ایرلند است. هدف اصلی این کتاب فراهم­کردن روش­­­هایی مناسب برای بررسی سیستم­های هیدرولوژیک کارست این کتاب در 11 فصل تدوین شده است. فصل اول مقدمه­ای بر اهمیت شناخت مناطق کارستی از قبیل آبخوان­ها و آب­های زیرزمینی می­باشد. فصل دوم به ویژگی­های ژئومورفولوژی و سنگ­شناسی مناطق و تأثیر آن در میزان کارستی­شدن پرداخته است. فصل سوم به بررسی پژوهش­های غارشناسی می ­پردازد که در ترکیب با ردیابی آب، این روش می­تواند بررسی کامل­تر محل جریان زیرزمینی و تعیین سایت­های کلیدی برای جمع ­آوری نمونه­های آب، یا به­طور مستقیم و یا از طریق قرار­دادن حلقۀ چاه­های مانیتورینگ مفید باشد. فصل چهارم روش­هایی که در مطالعات هیدرولوژیکی سفره­های کارستی مورد استفاده قرار می­گیرد را بیان می­کند. فصل پنجم عوامل هیدروژئولوژیکی و هيدروليكي برای توصيف جريان آب زيرزميني در آبخوان­هاي كارستي مورد نياز به­علاوه روش‌هاي تعيين محدودۀ آن­ها را توضيح مي­دهد. فصل ششم به روش­های هیدروشیمیایی می­پردازد و اشاره می­کند که آن­ها مکمل روش­های هیدرودینامیکی­اند. این کتاب به­منظور تأمین منابع درسی در مقطع کارشناسی و کارشناسی­ارشد برای درس کارست و آب­های زیرزمینی ترجمه شده است. راهنمایی تمامی صاحب­نظران به­منظور تکمیل، تغییر و اصلاح مطالب در چاپ­های بعدی موجب کمال امتنان و سپاسگزاری خواهد بود. در پایان از سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه تهران که امکان چاپ این کتاب را فراهم­کرده­اند قدردانی می­کنیم.

**باتشکر**

**مترجمان**

09196244170