اثرات زیست محیطی توسعه شهری بر آلودگی نیترات در آبهای زیرزمینی گستره گرگان، شمال خاور ایران

نوشته: دکتر مجید شاه پسند زاده*، مصطفی رقیمی*، سید محمد خادمی**

The Environmental Impact of Urban Development on Nitrate Contamination of Groundwater Resources in Gorgan District, NE Iran

By: Dr. M.Shahpasandzadeh* , M.Raghimi* & M.Khademi**

چکیده

بیش از ۸۰ درصد آب شرب شهر رو به رشد و پرجمعیت گرگان، از منابع آبهای زیرزمینی (آبخوانهای زیارت، شصت کلا و گرمابدشت) تأمین می‌شود. تجزیه شیمیایی آبهای زیرزمینی گستره گرگان، وجود دو منطقه با غلظت غیر مجاز نیترات (آبخوان زیارت) را در محدوده شهری نشان می‌دهد. الگوی تغییرات غلظت کلر در چاههای با تمرکز بالاتر از حدّ نیترات، از الگوی تغییرات غلظت نیترات آب این چاهها تبعیت می‌کند. با وجود قرارگیری آبخوانهای شصت کلا و گرمابدشت در محدوده زمینهای کشاورزی، میزان نیترات این آبخوانها نسبت به آبخوان زیارت پایین‌تر است و عدم تأثیر یا اثر ناچیز کودهای شیمیایی بر آلودگی آبهای شرب این منطقه را نشان می‌دهد. تعیین مقادیر NO_3/Cl و K/Cl ، منشأ غلظت غیر مجاز نیترات آبهای زیرزمینی این منطقه را فاضلابهای خانگی نشان می‌دهد. همچنین، قطع درختان جنگلی و توسعه شهر گرگان نیز سبب به هم خوردن چرخه نیتروژن و ورود مقادیر قابل توجهی نیترات به آبهای زیرزمینی منطقه شده است.

کلید واژه‌ها: آبهای زیرزمینی، آلودگی نیترات، فاضلاب خانگی، اثرات زیست محیطی، زمین شناسی شهری، گرگان.

Abstract

More than 80% of drinking water of highly populated and expanding city of Gorgan, as one of agricultural centers of Iran, is supplied by local groundwater resources (Ziarat, Garmabdasht, and Shast-kola aquifers). Chemical analysis of groundwater samples of Gorgan district indicates two regions of anomalously high concentration of nitrate (Ziarat aquifer) in the urban area. High chloride concentration in water from dug wells corresponds with the anomalous high values of nitrate. Low concentration of nitrate in Shast-kola as well as Garmabdasht aquifers, where main land use is agricultural activities respect to Ziarat aquifer, demonstrates low/no effects of fertilizers on the contamination of groundwater. Determination of NO_3/Cl and K/Cl ratios depicts sewage effluents and urban runoff as the main sources of nitrate contamination of the groundwater. Moreover, rapid urbanization and the encroachment of residential development into surrounding forests release considerable nitrate to the underlying shallow aquifers.

Key words: Groundwaters, nitrate contamination, municipal sewage slugs, environmental impacts, urban geology, Gorgan.

مقدمه

براساس مطالعات وسیع انجام شده، آبهای زیرزمینی مناطق شهری در معرض خطرات آلودگی ناشی از فعالیتهای انسانی قرار دارند (برای مثال : شاه پسندزاده و دیگران،۱۳۸۱؛ Starr&Gillham(1993)؛Hantzsche&Finnemore(1992)). یکی از مهم‌ترین عوامل غیر قابل شرب نمودن آبها، به ویژه در مناطق با فعالیتهای کشاورزی، افزایش غلظت نیترات در آبها به مقداری بالاتر از حد استاندارد است. نیترات به علت وجود اکسیژن حل شده یکی از آنیونهای پایدار آب بوده(Hamilton&Helsel,1995) وهمچنین به دلیل عدم برهم‌کنش با مواد زمینه ، به شدت متحرک است (Boulgar et

al.,1989). به طور کلی می‌توان چهار منشأ برای بالا بردن میزان نیترات در آبهای زیرزمینی مناطق شهری پیشنهاد کرد:

۱) مواد چاههای فاضلاب خانگی و مواد زاید شهری که به روش غیربهداشتی دفن می‌شوند (Sommer & Gillham ,1984; Ritter & Chirnside , 1984 ; Marin & Perry , 1995 ; Pacheco et al.,2001).

مواد زاید آلی شامل فاضلابها، مواد زاید جامد و ضایعات صنایع غذایی، اغلب به‌عنوان منشأ نیترات در چرخه نیتروژن مطرح هستند. این نیتروژنها برخلاف نیتروژن غیرآلی زمان زیادی در چرخه فوق پایدار خواهند ماند. با توجه به نقش مخرب فاضلابها بر محیط زیست، به‌ویژه کیفیت آبهای زیرزمینی، استفاده از آنها در آبیاری مزارع، جنگلها و فضاهای سبز، تحت کنترل و مقررات شدیدی قراردارد، به طوری که امکان آلودگی آبهای زیرزمینی توسط فاضلابها باید قاعدتاً محدود باشد. آلودگی آبهای زیرزمینی در اثر چاههای فاضلاب خانگی در نواحی بسیاری از ایالات متحده آمریکا گزارش شده است(Keeney,1986).

۲) کودهای شیمیایی و فضولات حیوانی ـ انسانی که برای بهبود کیفیت خاک در مناطق کشاورزی استفاده می‌شوند. فضولات حیوانی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین منابع افزایش نیترات در آبهای زیرزمینی مطرح هستند. یکی از بهترین روشهای استحصال فضولات حیوانی، بازچرخش و افزودن آنها به خاکهای کشاورزی به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی است (Pratt,1984;Bernhand et al.,1992; Hamilton&Helsel,1995).

در هر حال، با توجه به عدم استفاده گسترده از این فناوری در کشور و همچنین هزینه زیاد و مشکلات حمل ضایعات حیوانی، فضولات فوق را مستقیما به‌عنوان کود در مزارع استفاده می‌کنند.

۳) انحلال نهشته‌های تبخیری یا خاکهای غنی از نیترات توسط آبهای زیرزمینی به‌ویژه در مناطق خشک. بالا بودن میزان نیترات در آبهای زیرزمینی زمینهای غیر کشاورزی و کم جمعیت می‌تواند ناشی از شسته شدن نیترات موجود در نهشته‌های تخریبی باشد(Heaton,1984). برای مثال، مقدار قابل توجهی نیترات در لسهای پلیستوسن نواحی نیمه خشک به‌ویژه در زمانهای مناسب برای رشد و نمو گیاهان گزارش شده است (White&Moore,1972;Boyce et al.,1976).

۴) تثبیت زیستی نیتروژن در خاکها توسط باکتریها و سپس انحلال آنها در آبهای زیرزمینی (Follett et al.,1987;Barnes et al.,1992;Wylie et al.,1995) .

نظر به این که جنگلها نقش بسیار مهمی در حفظ نیتروژن دارند، لذا قطع درختان و توسعه شهری می تواند باعث به هم خوردن چرخه نیتروژن شود که اغلب منجر به آزاد شدن مقدار قابل توجهی نیتروژن به‌صورت نیترات، به آبهای زیرزمینی می‌شود. البته، نقش این عامل در مقایسه با منشأ کشاورزی نیترات بسیار کوچک است. شایان ذکر است که قطع درختان جنگلی به همراه توسعه مراتع، سبب تشدید خطر آلودگی آبهای زیرزمینی این نواحی، به‌ویژه در مناطقی مرطوب مانند شهر گرگان می‌شود. در مراتع مانند مزارع، مقدار قابل توجهی نیترات در چرخه های زیستی خاک ایجاد می‌شود که نسبت به شستشو و انتقال به آبهای زیرزمینی به‌ویژه در بهار و پاییز حساس هستند. افزون بر این، فضولات حیواناتی که از مراتع و چراگاهها استفاده می‌کنند، باعث افزایش نیترات آبهای زیرزمینی این مناطق می‌شود.

براساس گزارش مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۷۶)، بیشینه غلظت مجاز نیترات در آب شرب، ۵۰ میلی‌گرم در لیتر است. بالا بودن میزان نیترات در آبهای آشامیدنی، باعث بروز بیماری توأم با مرگ و میر در نوزادان و اطفال به نام متموگلوبینمیا (Methemoglobiemia) یا سیانوز نوزادان (Infant cyanosis)، سرطان در انسان، و بروز بیماریهای گوارشی می‌شود(Wylie et al.,1995;Bouchard et al.,1992). با توجه به استفاده روزافزون از کودهای شیمیایی برای افزایش محصولات کشاورزی و همچنین تمرکز جمعیت و توسعه فعالیتهای صنعتی در منطقه گرگان، به‌ویژه در چند سال اخیر، این مقاله برای نخستین بار به بررسی علل احتمالی بالا بودن میزان نیترات آبهای زیرزمینی شهر گرگان پرداخته است.

زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

شهر گرگان در طول جغرافیایی ´۲۵ °۵۴ تا ´۲۸ °۵۴ خاوری و عرض ´۴۹ °۳۶ تا ´۵۱ °۳۶ شمالی در دامنه شمالی البرز قرار دارد. این شهر روی مخروط افکنه‌های رودخانه‌های زیارت (ناهار خوران)، انجیر آب و گرمابدشت که از شاخه‌های فرعی رود قره سو به شمار می‌روند، قرار گرفته است. رودخانه‌های زیارت و النگ دره و سفره‌های آب زیرزمینی منطقه، منابع تأمین آب شرب شهر گرگان را تشکیل می‌دهند (شکل ۱). از نظر زمین شناسی، در منطقه مورد مطالعه واحدهای سنگی از پالئوزوییک (مجموعه سنگهای دگرگونی گرگان) تا کواترنری رخنمون دارند (شکل۲؛ برای مثال، Berger,1972 ؛ فنونی،۱۳۶۸ و شاه پسندزاده، ۱۳۷۱). به علت نفوذپذیری کم و نبود سفره‌های آب گسترده در سنگهای دگرگونی گرگان در مقایسه با نهشته‌های مخروط افکنه‌ای کوهپایه‌ها، ژرفای بیشتر چاههای آب منطقه محدود به این سنگ کف می‌شود. براساس مقاطع شکست لرزه‌ای، ژرفای متوسط سنگهای دگرگونی گرگان در کوهپایه‌های جنوبی ناحیه مورد مطالعه، حدود ۵۰۰ متر است که در دشت گرگان به بیش از ۸۰۰ متر می‌رسد. بنابراین، چاههای آب شرب منطقه گرگان، اغلب در نهشته‌های مخروط افکنه‌ای کوهپایه‌ها شامل شن، ماسه و سیلت حفر شده‌اند. در کوهپایه‌های منطقه

مورد مطالعه، می‌توان نهشته‌های پراکنده لس را مشاهده کرد که از جنوب به شمال افزایش ستبرا نشان می‌دهند. برای مثال، براساس اطلاعات چاههای حفاری شده، ستبرای این لسها در نزدیکی چاه شماره۴ تقریبا" صفر است ولی ستبرای آنها در بخشهای شمالی شهر گرگان، به بیش از ۷۰ تا ۱۳۰ متر می‌رسد.

برخی از منابع تأمین آب شرب شهر گرگان، به‌ویژه در بخشهای جنوبی منطقه، در نهشته‌های ریز دانه دشت گرگان حفر شده‌اند. سطح دشت گرگان را لایه نازکی از سیلت و رس به ستبرای صفر تا ۵۰ متر تشکیل می‌دهد، این دشت روی لایه‌ای از مارنهای میوسن ـ پلیوسن متناوب با شن و ماسه قرار گرفته است. این لایه‌های شن و ماسه سفره‌های آب زیرزمینی بخش جنوبی منطقه گرگان را تشکیل می‌دهند. در بعضی نقاط، نهشته‌های دریایی میوسن ـ پلیوسن با مرزهای تدریجی در زیر رسوبات مخروط افکنه‌ای کوهپایه‌های گرگان قرار دارند(شکل۳).

براساس حفاریهای انجام‌شده و مطالعات زمین فیزیکی، می‌توان دو نوع سفره آب زیرزمینی در منطقه گرگان شناسایی کرد (شکل۳؛Berger,1972 ؛ فنونی، ۱۳۶۸):

۱) سفره‌های آب کم ژرفا با ستبرای ۵ تا ۵۰ متر : سطح آب زیرزمینی در این سفره‌ها تحت تأثیر میزان بارندگی و تبخیر، آب برگشتی زراعی و مصرفی کشاورزان و شهروندان به ترتیب زمینهای کشاورزی و چاههای فاضلاب به سفره‌های آب کم ژرفا، میزان برداشت آب از چاههای زراعی و شرب کم ژرفا و هم چنین مقدار نفوذ آب رودخانه‌های این منطقه است. سفره‌های آب کم ژرفا را می توان بیشتر در نهشته‌های دانه درشت مخروطه‌افکنه‌ای واقع در کوهپایه‌های شمال شهر گرگان دید. سفره‌های آب کم ژرفا بخشهای شمالی شهر گرگان، به طور عمده از راه رودخانه‌های زیارت، النگ دره، گرمابدشت و همچنین جریانهای زیرسطحی سازندهای سخت منطقه، تغذیه می‌شوند. آب این سفره‌های کم ژرفا به سفره‌های آب محصور و نیمه محصور بخشهای جنوبی شهر، تخلیه می‌شود.

۲) در زیر سفره‌های آب کم‌ژرفای دشت گرگان، لایه‌های نازک تا ستبر مارنی یا رسی ـ سیلتی شناخته شده است. این لایه‌های دانه‌ریز، سبب تشکیل سفره‌های محصور تا نیمه محصور عمقی در نهشته‌های سخت نشده و کمی سخت شده شن و ماسه‌ای متناوب با آنها شده‌اند.

بنابراین، می‌توان در دشت جنوب گرگان دو نوع سفره آب کم‌ژرفا و ژرف را معرفی کرد، به گونه‌ای که در نزدیکی کوهپایه‌های منطقه مورد مطالعه، یک پهنه تدریجی یا حد واسط از سفره‌های مذکور وجود دارد (شکل۳).

روش مطالعه

در ابتدا، به منظور بررسی علل احتمالی بالا بودن میزان نیترات منابع تأمین آب شرب شهر گرگان، از نهشته‌های سطحی گستره شهر گرگان بازدید به عمل آمد. سپس زمین شناسی زیر سطحی این منطقه با گردآوری اطلاعات موجود شامل: گمانه چاههای حفاری شده، مطالعات ژئو الکتریکی و غیره بررسی شد. میزان نیترات و کلر آبهای زیرزمینی و رودخانه‌های زیارت و النگ دره در تابستان و پاییز ۱۳۸۰ اندازه گیری شد. نمونه‌های آب زیرزمینی با تخلیه آب از چاهها پس از استخراج حجمی برابر با " ۳ برابر حجم لوله داخل هر چاه، با این هدف که نمونه‌های آب نماینده سفره آب زیرزمینی باشد، صورت گرفته است. این نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی شستشوشده با اسید سولفوریک به منظور جلوگیری از رشد باکتریها جمع‌آوری شده‌اند. پیش از تجزیه شیمیایی، نمونه‌های آب به آزمایشگاه انتقال داده شده و در محیط سرد (حدود ۴ درجه سانتیگراد) و تاریک یخچال نگهداری شده‌اند. برای اندازه‌گیری نیترات نمونه‌های آب، از روش کاهیدگی کادمیم توسط دستگاه طیف نور سنج و برای کلر از روش تیتراسیون با نیترات جیوه استفاده شده است (به ترتیب طبق دستورالعملهای آزمایشگاهی و APHA,1998).

نتایج تجزیه شیمیایی منابع آب شرب

نتایج تجزیه شیمیایی آب شرب شهر گرگان، تغییرات قابل توجهی را در غلظت نیترات (از ۳/۵۲ تا ۶۹/۵۲ میلی‌گرم در لیتر) نشان می‌دهد.مقدار نیترات در نمونه‌های آب کم‌ژرفا از ۸/۸ تا ۱۳/۲ میلی‌گرم در لیتر متغیر است(جدول ۱). پایین‌ترین غلظت سالانه نیترات در آبخوانهای زیارت، گرمابدشت و شصت کلا، به ترتیب۱۲/۵۴ میلی‌گرم در لیتر(چاه شماره۴)، ۱۳/۲ میلی‌گرم در لیتر(چاه شماره۳۰) و ۷/۲۵ میلی‌گرم در لیتر (چاه شماره ۳۹) است که به‌عنوان بالاترین مقدار نیترات زمینه این آبخوانها مطرح است. با توجه به جدول ۱، غلظت نیترات بیشتر چاههای آب شرب منطقه مورد مطالعه، بالاتر از حد زمینه نیترات است. افزون بر این، مقدار نیترات آب چاههای شماره ۵۸، ۲۱، ۲۲ و ۲۳ بیش از مقدار مجاز آن در آبهای آشامیدنی است (APHA,1998).

تمرکز آنیون کلر در آبهای زیرزمینی منطقه گرگان از ۷/۹ تا ۲۰۴ میلی گرم در لیتر متغیر است. الگوی تغییرات غلظت کلر در چاههای با مقدار غیر مجاز نیترات، از الگوی تغییرات غلظت نیترات این چاهها تبعیت می‌کند. در ضمن، چاههای شماره ۱، ۱۱، ۱۳، ۱۴ و ۱۶ دارای غلظت بالای کلر اما غلظت کم نیترات است. براساس نقشه کاربری زمینهای منطقه مورد مطالعه، کلیه چاههای با تمرکز زیاد نیترات و کلر در محدوده شهری قرار دارند.

توزیع مکانی نیترات در آبهای زیرزمینی

شکل۴ نقشه خطوط هم‌تراز نیترات منابع تأمین آب شرب شهر گرگان را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، منحنیهای هم‌تراز نیترات، در دو منطقه که در محدوده زمینهای شهری قرار دارند، متمرکز است. اگرچه تغییرات سنگ شناسی قابل ملاحظه‌ای در راستای خاوری ـ باختری (به موازات رشته کوههای البرز) در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی شود، اما تمرکز منحنیهای هم‌تراز نیترات در آبخوانهای گرمابدشت و شصت کلا بسیار کم است. با توجه به این‌که چاههای تأمین آب شربی که در آبخوانهای گرمابدشت و شصت کلا حفر شده‌اند، در منطقه کشاورزی قرار دارند، بنابراین، منشأ آلودگی آبهای زیر زمینی منطقه گرگان را منابعی غیر از کودهای شیمیایی تشکیل می‌دهند. در نتیجه، می‌توان منشأ عمده نیترات آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را فاضلابهای خانگی پیشنهاد نمود.

بحث

منشأهای احتمالی نیترات در آبهای زیرزمینی

در گستره شهر گرگان، می‌توان دو منشأ عمده را برای نیترات موجود در منابع آب شرب این شهر پیشنهاد کرد: فاضلابهای خانگی و تثبیت زیستی نیتروژن در خاک به همراه شستشو و انتقال آن به آبهای زیرزمینی. با توجه به این‌که در گمانه چاههای آب این منطقه و همچنین در مطالعات ژئوالکتریک، اثری از واحدهای سنگی تبخیری گزارش نشده است (Berger,1972 و فنونی، ۱۳۶۸)، لذا، امکان وجود نهشته‌های تبخیری با شک و تردید همراه است. پایین بودن غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی آبخوانهای شصت کلا و گرمابدشت (چاههای شماره ۲۸، ۳۳، ۳۴ و ۳۹) به‌رغم قرارگیری چاههای شرب این آبخوانها در محدوده زمینهای کشاورزی نسبت به آبهای زیرزمینی آبخوان زیارت، نشانگر عدم تأثیر یا اثر ناچیز کودهای شیمیایی بر آلودگی آبهای شرب این منطقه است. با توجه به دفع سنتی فاضلاب و تراوایی به نسبت خوب زمینهای دریافت‌کننده فاضلاب در این منطقه، مهم‌ترین منشأ نیترات در نمونه‌های آب چاههای شرب شهر گرگان، فاضلابهای خانگی پیشنهاد می‌شود. بیشتر چاههایی که بیشترین مقدار نیترات منطقه را دارا هستند، در بخشهای شمالی شهر (چاههای شماره ۲۱، ۲۲ و ۲۳) قرار دارند. با توجه به این که شیب توپوگرافی و جهت جریان آبهای زیرزمینی این منطقه از جنوب به سوی شمال است؛ بنابراین، انتقال آلودگی آب این چاهها توسط فاضلابهای خانگی تأیید می‌شود. بالا بودن مقدار نیترات را در دو چاه شماره ۵ و ۸ که در بخش جنوبی شهر گرگان قرار دارند(شکل ۱)، می‌توان ناشی از قدمت حفر و بهره برداری از آب این چاهها در نظر گرفت. این چاهها، قدیمی‌ترین چاههای بهره برداری شده برای تأمین آب شرب شهر گرگان هستند که با توجه به توسعه سطح جذب چاههای فاضلاب خانگی با گذشت زمان، امکان آلودگی آب این چاهها بسیار زیاد است. افزون بر این، در آبخوان زیارت، میزان نیترات آب چاههای شماره ۱، ۲، ۳ و ۴ که در محدوده زمینهای جنگلی و بیشه زار متراکم قرار می‌گیرند، در مقایسه با چاههای واقع در مراتع و جنگلهای تخریب شده بسیار کم است. بنابراین، می‌توان نتیجه گیری کرد که قطع درختان جنگلی و توسعه شهر گرگان نیز سبب به هم خوردن چرخه نیتروژن و آزاد شدن مقدار قابل توجهی نیترات به آبهای زیرزمینی منطقه شده باشد.

یکی از راههای تعیین منشأ نیترات آبهای زیرزمینی، تعیین نسبتهای NO_3/Cl و K/Cl است.منشأ کلر و پتاسیم در منطقه مورد مطالعه، می‌تواند نفوذ آب دریا یا فعالیتهای انسان زاد (کودهای شیمیایی، فاضلابهای خانگی) باشد. سفره‌های آب زیرزمینی که تحت تأثیر آلودگی ناشی از فاضلابهای خانگی یا مواد زاید شهری قرار می‌گیرند، معمولاً با غلظت بیشتر کلر نسبت به بخشهای قابل شرب سفره، مشخص می‌شوند. جالب توجه است که بیشتر نمونه‌های آب چاههای با غلظت غیرمجاز نیترات (۵ میلی‌گرم در لیتر) با مقادیر بالای NO_3/Cl نسبت به دیگر نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه مشخص می‌شوند. بالا بودن نسبت NO_3/Cl آب این چاهها که در محدوده زمینهای شهری قرار می‌گیرند، منشأ فاضلابهای خانگی را به‌عنوان عمده‌ترین عامل آلودگی نیترات آبخوان زیارت تأیید می‌کند.

نسبت NO_3/Cl نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از ۰/۰۸ (چاه شماره ۳۳) تا ۱/۲۲ (چاه شماره ۳۶) متغیر است ؛ در صورتی‌که نسبت NO_3/Cl آبهای سطحی این منطقه بین ۰/۱۳ تا ۰/۸۸ تغییر می‌کند (جدول ۱). پایین بودن مقدار NO_3/Cl در آب رودخانه‌های النگ دره و زیارت نسبت به آب چاه‌های شرب آبخوان زیارت، عدم ورود نیترات از زمینهای کشاورزی (منشأ کودهای شیمیایی) به منابع آب شرب گرگان را تأیید می‌کند.

مقایسه با سایر مطالعات آلودگی نیترات در آبهای زیرزمینی

در جدول ۲ خلاصه‌ای از انواع منابع آلودگی آبهای زیرزمینی توسط نیترات وهمچنین نوع آبخوانها ذکرشده است. با توجه به جدول فوق، منشأ بالا بودن نیترات بیشتر سفره‌های آب زیرزمینی، کودهای شیمیایی هستند. در صورتی‌که مطالعات انجام شده در منطقه گرگان، آلودگی نیترات بعضی از منابع تأمین آب شهر گرگان را فاضلابهای خانگی نشان می‌دهد. مطالعات(Hantzsche&Finnemore(1992 در آبخوانهای شن و ماسه (آبرفتی) نیز بر بالا بودن غلظت نیترات آب این سفره‌های زیرزمینی در اثر فاضلابهای خانگی اشاره می‌کند. منشأ نیترات اغلب آبخونهای شن و

ماسه‌ای را در مقایسه با دیگر آبخوانها، فاضلابهای خانگی و مواد زاید شهری تشکیل می‌دهد.

نتیجه گیری

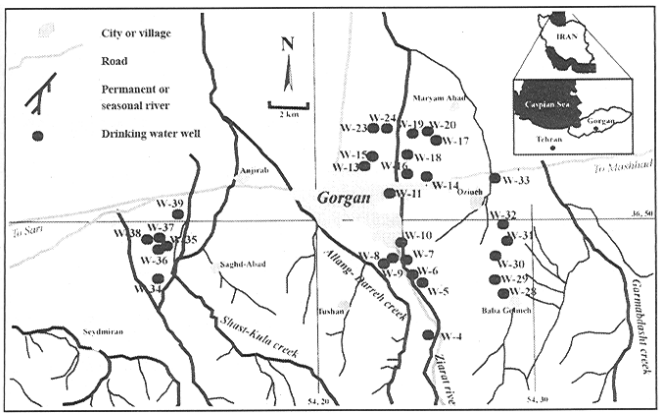
تجزیه شیمیایی آبهای زیرزمینی و سطحی گستره گرگان، بالا بودن مقدار نیترات در برخی چاههای تأمین آب شرب این شهر را نشان می‌دهد. دو منطقه با غلظت غیرمجاز نیترات در آبهای زیرزمینی، در محدوده زمینهای شهری گزارش می شود (شکل٤). با توجه به موارد زیر، امکان آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی این منطقه در اثر فاضلابهای خانگی ناممکن نیست.

۱) تخلیه فاضلابهای خانگی شهر گرگان در چاههای جذبی، ۲) تراوایی خوب شن و ماسه، ۳) بالا بودن میزان نیترات در چاههای قدیمی تأمین‌کننده آب شرب شهر، ٤) شیب توپوگرافی و جهت جریان آب زیرزمینی از جنوب به شمال، ٥) بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، ٦) بالا بودن غلظت نیترات در بخشهای شمالی آبخوان زیارت که شهر گرگان بر روی آن قرار گرفته، ۷) عدم آلودگی نیترات در سفره‌های آب زیرزمینی آبخوانهای گرمابدشت و شصت کلا، به‌رغم کاربری کشاورزی این زمینها، ۸) عدم گزارش واحدهای سنگی تبخیری در مطالعات ژئوالکتریک و چاههای آب شرب منطقه، ۹) پایین بودن غلظت NO_3/Cl در آب رودخانه‌های النگ دره و زیارت نسبت به آب چاههای شرب آبخوان زیارت و ۱۰) بالا بودن مقدار کلر در چاههای آب آلوده به نیترات. اغلب چاههای آب شرب آبخوان زیارت در بخشهای قدیمی شهر که از تراکم جمعیت زیادی برخوردارند، واقع است. در این نواحی، ضمن کاهش قابلیت تصفیه زمین در اثر نفوذ دائمی فاضلاب، امکان تداخل سطح جذب چاههای فاضلاب نیز وجود دارد. به علاوه، بالا بودن نسبت NO_3/Cl آب چاههای آلوده، نتیجه‌گیری فوق را تأیید می‌کند. البته، قطع درختان جنگلی و توسعه روزافزون شهر گرگان به ویژه در چند سال گذشته، نیز می‌تواند بر تشدید خطر آلودگی نیترات آبهای زیرزمینی این نواحی بیفزاید. جنگلها نقش بسیار مهمی در حفظ نیتروژن خاک دارند که با قطع کردن آنها، امکان شستشو و انتقال مقادیر قابل توجهی نیتروژن به صورت نیترات به سفره‌های آب زیرزمینی وجود دارد.

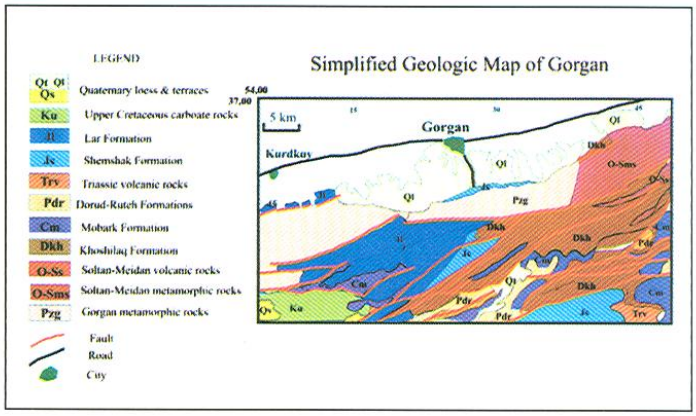
با توجه به اثرات سمی نیترات به ویژه در کودکان و استفاده بهینه از چاههای آب شرب آلوده به نیترات، رقیق سازی و اختلاط آبهای آلوده با آبهای کم نیترات به همراه تبادل یونی با استفاده از رزینها به منظور جایگزینی نیترات با عوامل غیر زیان آور پیشنهاد می‌شود. در ضمن، اعمال برنامه‌های مدیریتی مانند پهنه بندی غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی برای تعیین محل حفر چاههای آب شرب و انتخاب منابع تأمین آب شرب دور از مناطق شهری و صنعتی را می توان در کاهش خطر آلودگی نیترات آب شرب شهر گرگان مطرح کرد.

تشکر و قدردانی

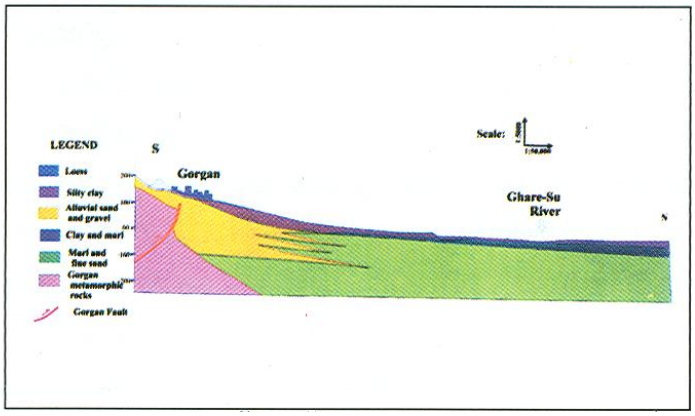
جهت انجام این پژوهش از حمایت های مدیر امور آب و فاضلاب شهر گرگان قدردانی می نماییم. به علاوه، از نقطه نظرات ارزشمند آقای دکتر غلامعباس کاظمی و هم چنین داوران محترم این مقاله، به ویژه آقای دکتر خان ناظر که در بهبود کیفیت این مقاله نقش موثری داشته است، کمال تشکر را داریم.



شکل۱- نقشه منابع تأمین آب شرب شهر گرگان.



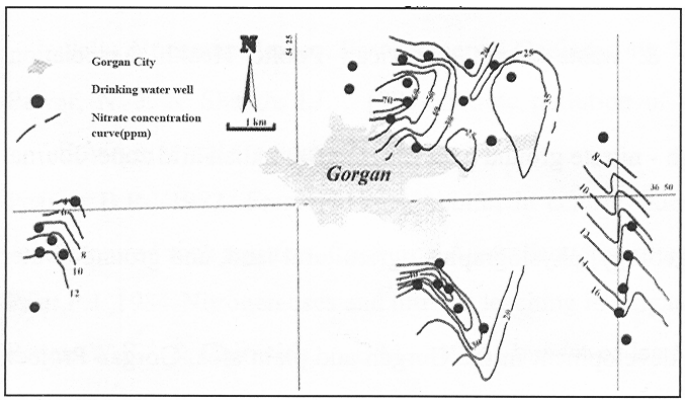
شکل۲- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (با تغییرات از شهرابی، ۱۳۶۹ ؛ زمانی پدرام و حسینی، ۱۳۸۲).



شکل ۳- برش زمین شناسی نهشته‌های آبرفتی آبخوان زیارت. این برش با راستایی شمالی- جنوبی از شهر گرگان تا رودخانه قره سو بر پایه اطلاعات ۵ حلقه چاه آب اکتشافی و بهره برداری رسم شده است (با تغییرات از Berger,1972).

جدول ۱- کیفیت شیمیایی منابع تأمین آب شرب شهرستان گرگان.

نام آبخوان	شماره چاه	عمق چاه	پاییز ۱۳۸۰						تابستان ۱۳۸۰					
			NO3 (ppm)	Cl (ppm)	K (ppm	NO3/Cl	K / Cl	pH	NO3 (ppm)	Cl (ppm)	K (pm_	NO3/Cl	K / Cl	pH
آبخوان زیارت	1		۲۵/۹۶	۱۱۵	۰/۱	۰/۲۲	۰/۰۰۱	۷/۵	۲۸/۱۶	۱۷۶	۳/۵	۰/۱۶	۰/۰۱۹	۷
	2		۱۷/۶	۱۳۶	٤	۰/۱۲	۰/۰۲۹	۷/۸	۱۷/۶	۹۷	۹	۰/۱۸	۰/۰۹۲	۷/۳
	3		۱۲/۳۶	۵۳	۳	۰/۲٤	۰/۰۵٦	۷/٦	۱۲/۳۲	٤۸	۵/۵	۰/۲٦	۰/۱۱٤	۷/٤
	4	۹۰	۱۳/٦٤	۱۱٤	۲/۵	۰/۱۲	۰/۰۲۱	٦/۹	۱۱/٤٤	۵۷	۳/۵	۰/۲	۰/۰٦۱	۷/٦
	5	۱۵۰	٤۱/۳٦	۱۲۰	۲	۰/۳٤	۰/۰۱٦	۷/۱	٤٦/٦٤	٦۷	۵/۵	۰/٦۹	۰/۰۸۲	۷/۲
	6	۱۷۰	۲۸/٦	۱٦۰	۱/۵	۰/۱۷	۰/۰۰۹	۷/۵	۳٦/۸٤	٦۰	۳/۵	۰/٤۵	۰/۰۵۸	۷/۲
	7	۱۵۳	۳٤/۳٦	۱۱٦	۲	۰/۲۹	۰/۰۱۷	۷	۳۵/۰۸	٦۹	۳/۵	۰/۵۲	۰/۰۵۰	۷/۲
	8	۱۲۰	٤۷/۹٦	۱۱۳	۲	۰/٤۲	۰/۰۱۷	٦/۹	٤۸/۰۸	۷۳	٤	۰/٦٤	۰/۰۵٤	۷/٤
	9	۱٦٤	۲۸/٦	۹۸	۲	۰/۲۹	۰/۰۲۰	۷	۳۵/٤	۵۹	۳/۵	۰/٤۵	۰/۰۵۹	۷/٦
	10	۱۸۸	۲۷/۲۸	۹٦	۱/۵	۰/۲۸	۰/۰۱۵	۷	۲۵/۸	۵٦	۵	۰/٤٦	۰/۰۸۹	۷/۱
	11	۲۵۰	۲۵/۹٦	۱۵۰	۲	۰/۱۷	۰/۰۱۳	۷/٤	۲۲/٤٤	۱۱۵	۵/۵	۰/۱۹	۰/۰٤۷	۷/٤
	12	۱۸۵	۲۸/٦	۱۱٤	۱/۵	۰/۲۵	۰/۰۱۳	۷/۳	۳٤/۳۲	٦۳	۵/۵	۰/۵٤	۰/۰۸٤	۷/۵
	13	۱۷۳	۲۵/۹٦	۱۹۹	۰/۳	۰/۱۳	۰/۰۰۱	۷/۵	۲٤/۲	۱۳٦	٤	۰/۱۸	۰/۰۲ -	۷/۳
	14	۲۰٦	۲٤/۲	۱۹۷	۲	۰/۱۲	۰/۰۱۰	۷/۳	۲۲	۲۰٤	٤	۰/۱	۰/۰۱۹ ـ	۷/٦
	15								٤۰/٤۸	٦۸	٤	۰/۵۹	۰/۰۵۸	۷/٦
	16	۲۱۲							۱۲/۱۲	۱۱۷	۱/۵	۰/۱۸	۰/۰۱۲	۷/٦
	17	۱۹۵	۳۵/۹٦	۱۰٤	۱/۵	۰/۳۵	۰/۰۱٤	۷/٤	۳۵/٦٦	۵۳	۲	۰/۵	۰/۰۵٦	۷/۵
	18	۲۰۰	۲۲/۱۲	۹٦	۱/۵	۰/۲۳	۰/۰۱۵	۷/۵	۳۵/٤	۷۱	۳	۰/۳۷	۰/۰٤۲	۷/۲
	19	۲۱۹	۳۳/۸۸	۱۰۸	۱/۵	۰/۳۱	۰/۰۱۳	۷/۳						
	20	۲۲۰	۲۲/٤٤	۸۹	۱	۰/۲۵	۰/۰۱۱	۷/۳	۱۸/٤۲	۵۰	۳	۰/۳٦	۰/۰٦۰	۷/۲
	21	۲۱۲	٦۹/۵۲	۱۵٤	۲/۵	۰/٤۵	۰/۰۱٦	۷/٤	٤۹/۲۲	۸/۵	٤	۰/٦۱	۰/۰۲۹	۷/۱
	22	۲۰٤	٦۲/۰۸	۱۰٤	۲/۵	۰/٦٦	۰/۰۲٤	۷/۲	٤٦/٦٤	۸/۲	٤	۰/۵٤	۰/۰٤٦	۷/۲
	23	۲۰٤	٤۵/۲٦	۸۳	۱/۵	۰/۵۵	۰/۰۱۸	۷/٦	۳۷/٤۰	۵۷	۳/۵	۰/٦۵	۰/۰٦۱	۷/۱
	24	۱۸۵	۲۵/۹٦	۸۳	۱/۵	۰/۳۱	۰/۰۱۸	۷/۵	۲۳/۳٦	۵۲	۳/۵	۰/٤٦	۰/۰٦۲	۷/۲
	25		۳٦/۸٤	۵۵	۱/۵	۰/٤۸	۰/۰۲۲	۷/۲	۲۳/۳٦	٤۹	۳/۵	۰/٤۸	۰/۰۲۱	۷/٤
	26		۱٤/۰۸	۵۱	۰/۵	۰/۲۲	۰/۰۲	۷/۲						
	28	۱۱۵	۱٦۲۲	٤۸		۰/۳٤		۷/۱						
	29	۱۲۲	۱۵/۸٤	۵٦		۰/۲۸		۷/۳						
	30	۱۲۲	۱۳/۲	٤۵		۰/۲۹		۷/۲						
	31	۱۲۵	۱۳/٦٤	۵۰	۱	۰/۲۷	۰/۰۲	۷/۵						
	32	۱۲٦							۱۰/۵٦	۲۰		۰/۵۲		۷/۷
	33		۷/٤۸	۹۳	۱	۰/۰۸	۰/۰٦	۷/۱	۱٤/۰۸	۲۷	۱/۵	۰/۵۲	۰/۰۵۵	۷/٤
	34	۱۹۰							۹/۲٤	۱۱/۵	۲	۰/۸	۰/۱۷۳	۷/۵
	35	۲۰۰	۱۱	٦۳	۰/۵	۰/۱۷	۰/۰۰۷	۷/۲	۹/۸٦	۱۲/۷	٦۰۵	۰/۳٦	۰/۱۱۸	۷/۸
	36	۱۹۸	۱۱/۸۸	۵۲	۱	۰/۳۳	۰/۰۱	۷/٤	۹/۸٦	۷/۹	۱/۵	۰/۱۸	۰/۰٦۹	۷/۹
	37	۲۰۵	۱۱	۷۵	۱	۰/۱٤	۰/۰۱۳	۷/٤	۷/۹۲	۱۵	۱/۵	۰/۵۳	۰/۰۱	۷/۱
	38	۱۹۵	۹/۲٤	٤۷	۱	۰/۱۹	۰/۰۲۱	۷/٦	٦٦	۱۱/۷	۱/۵	۰/۵٦	۰/۱۲۸	۷/٦
	39	۲۰۱	۲/۵۲	۸۱	۱	۰/۰٤	۰/۰۱۲	۷/۲	۹/۲٤	۱۳/۹		۰/٦٦		۷/۷
زیارت	زیارت	-	۸/۸	۳۳	-	۰/۲۶	-	۷/۷	۱۳/۲	۳۶	-	۰/۳۷	-	۷/۸
الشکت	الشکت	-	۱۱/۳۳	۷۰	-	۰/۱۳	-	۸/۳	۸/۸	۱۰	-	۰/۸۸	-	۸/۲
آبخوان نشست کرده	دره													



شکل۴- نقشه توزیع مکانی نیترات در آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه.

جدول ۲- مقایسه آلودگی نیترات انواع مختلف سفره های آب زیرزمینی.

نوع سفره آب زیرزمینی	میزان نیترات (ppm)	منشا نیترات	کشور	مرجع
ماسه دانه ریز ماسه دانه درشت	۱۵-۰ ۳٤-۱۲	کودهای شیمیایی	کانادا	ستار و گیلهام(۱۹۹۳)
با زالت ها	٦۰-٤۵	کودهای شیمیایی	هند	دشنبده و همکاران(۱۹۹۳)
ماسه های بادگانه ای ماسه و قلوه سنگ ماسه های بادی	٦٤/۹ ٤۰/٦ ٤۰-۱۳	فاضلاب	امریکا	هانتز و فینه مور(۱۹۹۳)
سنگ آهک رسوبات آبرفتی	۵/۹-۱ ٦۰-۱۰	کودهای شیمیایی مراتع	امریکا نیوزیلند	بک و همکاران(۱۹۸۵) بور دن(۱۹۸٦)
سنگ آهک بازالت ها	۱۰ ۳٦-۹	مراتع	استرالیا	پیرس(۱۹۸۲) باوار و ضیخ(۱۹۹۵)

کتابنگاری

زمانی پدرام، م. و حسینی، ح.، ۱۳۸۲- نقشه و گزارش زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان، شماره۶۸۶۳، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، یک ورقه.

شاه پسندزاده ، م.،۱۳۷۱- تحلیل ساختاری و تفسیر محیط رسوبی مجموعه سنگهای دگرگونی گرگان،دانشگاه تربیت معلم تهران،پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی،۲۹۷ صفحه.

شاه پسندزاده، م.، رقیمی، م.، دماوندی، م.ز. و خادمی، م.، ۱۳۸۱- بررسی منشأ احتمالی آلودگی نیترات منابع تامین آب شرب شهر گرگان. مجموعه مقالات ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران(۵-۷ شهریور)،دانشگاه شهید باهنر کرمان، صص ۵۱-۴۵.

شهرابی، م.، ۱۳۶۹- نقشه زمین شناسی گرگان (مقیاس: ۱:۲۵۰۰۰۰)، شماره H4، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، یک ورقه.

فنونی، ب.،۱۳۶۸- بررسی علل افت سطح آب چاه های شرب شهر گرگان.اداره کل آبیاری گرگان، گزارش داخلی، ۸۲ صفحه.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران،۱۳۷۶- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی.شماره استاندارد ۱۰۵۳،تهران،۱۳ صفحه.

References

APHA. , 1998- Standard methods for examination of water & waste water. American Public Health Association, Washington,DC.

Barnes, C. J., Jacobson, G. & Smith,G. D. ,1992- The origin of high - nitrate ground waters in the Australian arid zone. Journal of Hydrology, 137: 181-197.

Beck, B.F., Asmussen, L. & Leonard, R., 1985- Relationship of geology, physiography, agricultural land, and ground- water quality in southwest Georgia. Ground Water, 23:627-634.

Berger, L., 1972- Complimentary investigation of ground - water development in the Gorgan and plain area, Gorgan Project, vol.1: Geology and geophysics, hydrology and water resources, Payab Consulting Engineers, 304p.

Bernhand, C., Carbiener, R., Cloots, A.R. , Froehlicher, R., Schenck, CH. & Zilliox, L., 1992- Nitrate pollution of ground water in the Alsatian plain (France) - A multidisciplinary study of an agricultural area: The central Reid of the 111 river. Environmental Geology Water Science, 20: 125-137.

Bouchard, D.C., Williams, M.K. & Surampalli, R.Y. , 1992- Nitrate contamination of groundwater: sources and potential health effects. Journal of American Water Works Association, 84:85-90.

Boyce, J. S., Muir, J., Edwards, A. P. , Seim, E. C. & Olson, R. A. , 1976- Geologic nitrogen on Pleistocene loess of Nebraska. Journal of Environmental Quaternary, 5: 93-96.

Boulgar, P.R.,. Kehew, A.E & Nelson, R.A. , 1989- Dissimilatory nitrate reduction in a waste-water contaminated aquifer. Groundwater, 5:664-671.

Burden R.J., 1986- Elevated levels of nitrate in ground water beneath intensively grazed pastureland in New Zealand. In: Vrba, J. and E. Romijn (Eds.), Impact of agricultural activities on ground water, vol. 5. Hanover: Verlag Heinz Heise: 263-270.

Deshpandeh S. M., Kaplay, R.D. & Deshmukh, A.N. , 1993- Nitrate contamination of ground water in Paithan Taluka of Aurgangabad district. Abstract volume, Seminar on Geology of Maharashtra: Economical and Environmental Aspects. Solapur; Shivaji University, P.G. Center. 14p.

Follett, R. F., Gupta, S. C. & Hunt, P. G. , 1987- Relation to the management of plant nutrients for crop production soil science. Society of American Special Publication, 19, 51p.

Hamilton, P.A., & Helsel, D.R. , 1995- Effects of agriculture on ground-water quality in five regions of United States. Groundwater, 33:217-226.

Hantzsche, N.N & Finnemore, M., 1992- Predicating ground water nitrate impacts. Ground Water, 30: 490-500.

Heaton,T.H.E.,1984- Sources of the nitrate in phreatic groundwater in the Western Kalahari.Journal of Hydrology,67: 249-259.

Keeney, D.R., 1986- Source of nitrate to groundwater, CRC critical reviews in environmental control, 6: 257-304.

Kreitler, W.W. & Browning, L.A. , 1983- Nitrogen- isotope analysis of groundwater nitrate in carbonate aquifers: natural sources versus human pollution. Journal of Hydrology, 61:285-301.

Marin, L.E. & Perry, E.C. , 1995- The hydrology and contamination potential of northwestern Yucatan, Mexico. Geofis International 33:619-623.

Pacheco A.J. & Cabrera, S.A. , 1997- Groundwater contamination by nitrates in the Yucatan peninsula, Mexico. Hydrogeological Journal, 5:47-53.

Pacheco, J., Marin, L., Cabrera, A., Steinich, B. & Escolero, O., 2001- Nitrate temporal and spatial pattern in 12 water - supply wells, Yucatan, Mexico. Environmental Geology, 40: 708-715.

Pawar, N. J. & Shaikh, I.J. , 1995- Nitrate pollution of groundwater from shallow basaltic aquifers, Deccan trap, Indian Environmental Geology, 25:197-204.

Pearce, B.R., 1982- Fractured rock aquifer in central Queensland. Proceedings, international conference on groundwater in fractured rock aquifers, Canberra: Australian Government Publishing Service. 161-172.
Pratt,P.J.,1984-Nitrogen uses and nitrates leaching in irrigated agriculture.American Society Agronomic Madison,WI:319-333.
Ritter, W.F. , & Chirnside, A.E.M. , 1984- Impact of land use on ground-water quality in southern Delaware. Groundwater, 22:38-47.
Sommer, L.S. & Gillham, P.M. , 1984- Use of nitrogen from agricultural industrial and municipal wasted. American Solid Science, 2: 207-220.
Starr, R.C, & Gillham, R.W. , 1993- Gentrification and organic carbon availability in tow aquifers. Groundwater, 31:934-948.
White, E.M. & Moore, D.G. , 1972- Nitrate in South Dakota range Soils. Journal Range Magazine, 25:27-32.
Wylie, B.K., Shaffer, M.J. & Hall, M.D. , 1995- Regional assessment of NLEAP No3-N leaching indices. Water Resources Bulletin, 31:99-408.

* گروه زمین شناسی، دانشکده علوم ،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
** شرکت آب و فاضلاب استان گلستان

*Geology Department, College of Sciences, University of Agricultural and Natural Resources of Gorgan.
**The Water and Sewage Company of Golestan Province, Gorgan, Iran