

کاربرد سنجش از دور ماهواره ای در ردیابی بندپایان ناقل بیماری

احمدعلی حنفی بجد: استادیار، گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران - نویسنده رابط:

aahanafibojd@tums.ac.ir

حسن وطن دوست: استاد، گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

ماهیار سلطانی: مربی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته، دانشگاه صنعتی شریف (AICTC)، تهران، ایران

ذبیح الله چهاراهی: کارشناس ارشد، واحد آموزش، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، تهران، ایران

هما ناصح: کارشناس ارشد، گروه مدیریت توانبخشی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۲۸

چکیده

زمینه و هدف: بیماری‌های منتقله توسط بندپایان از مهمترین علل مرگ انسان به شمار می‌روند. بدنبال پرتاب اولین ماهواره‌های هواشناسی در دهه ۱۹۶۰، کاربرد سنجش از راه دور در تحقیقات سلامت انسان طی سه دهه اخیر رو به افزایش نهاده و اطلاعات دریافتی از ماهواره‌ها و سنجنده‌های مختلف آنها با توان تفکیک زمانی و مکانی مختلف، پهنه جدیدی را در تحقیقات علوم مربوط به بهداشت و سلامت انسان گسترده است. این مقاله به مرور قابلیت‌های سنجش از راه دور در زمینه تحقیقات مربوط به بیماری‌های منتقله توسط پشه‌ها، پشه خاکی‌ها و کنه‌ها در دنیا می‌پردازد.

روش کار: با استفاده از موتورهای جستجوی اینترنتی و بانک‌های اطلاعات مقالات علمی داخلی و خارجی، کلمات کلیدی مانند سنجش از راه دور، ماهواره، کنه، پشه و پشه خاکی جستجو شد و مقالات بدست آمده مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: چندین شاخص اکولوژیک در سنجش از دور بیماری‌های منتقله شامل شاخص‌های مربوط به پوشش گیاهی، دماهای سطحی زمین و دریا، رطوبت خاک و دوره ابر سرد بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

نتیجه گیری: اطلاعات عوامل محیطی بدست آمده از تصاویر ماهواره مانند دما، رطوبت، پوشش و کاربری زمین به ما کمک می‌کند تا با توجه به اکولوژی ناقلین بیماری‌ها، زیستگاه‌های آنها را شناسایی نماییم. با وجود این، گذشته از قابلیت‌های فنی گسترده این علم، به نظر می‌رسد کاربرد آن به علت پیچیدگی‌های تکنیکی و مدل‌های مربوطه محدود شده باشد. مشکلاتی که بر سر راه کاربرد سنجش از راه دور در علوم بهداشتی و اپیدمیولوژی بیماری‌ها وجود دارد، اغلب به هزینه‌های خرید تصاویر ماهواره‌ای و همچنین میزان در دسترس بودن آنها در زمان‌های مورد نظر برای پایش یک موضوع خاص مانند ناقل و یا عامل بیماری می‌باشد، درحالی‌که بیشتر مطالعات بهداشتی و پایش بیماری‌ها نیاز به استفاده از تصاویر با توان تفکیک مکانی بسیار بالا دارند.

واژگان کلیدی: بیماری‌های منتقله توسط بندپایان، سنجش از راه دور، بندپایان ناقل بیماری، پایش بیماری‌ها

مقدمه

تکنیک تشخیص و مطالعه اشیاء از دور می‌باشد. اساس

سنجش از راه دور اندازه‌گیری تابش الکترومغناطیسی است که

از اشیاء موجود بر روی سطح زمین ساطع، تابش حرارتی و یا

واژه سنجش از راه دور (Remote sensing) برای

اولین بار در دهه ۱۹۶۰ میلادی به کار رفت و منظور از آن

نوع توان تفکیکی در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای قابل بحث است:

۱- توان تفکیکی طیفی (Spectral resolution):

پهنای طول موج‌هایی که سنجنده‌ها قادر به دریافت آنها هستند.

۲- توان تفکیکی رادیومتریک (Radiometric

resolution): حساسیت سنجنده‌ها به قدرت

انرژی الکترومغناطیس که به صورت تعداد بایت

مورد استفاده برای ثبت اطلاعات توصیف می‌شوند

(مثلاً ۸ بایت یعنی سطح روشنایی و شفافیت تصویر

معادل $2^8 = 256$ است).

۳- توان تفکیکی مکانی (Spatial resolution):

مقداری از سطح زمین که در یک پیکسل از تصویر

قرار می‌گیرد.

۴- توان تفکیکی زمانی (Temporal resolution):

مدت زمان بین دو تصویر از یک منطقه در زاویه

دید یکسان توسط یک ماهواره.

اطلاعات موجود و مناسب برای تحقیقات بهداشتی:

عکس‌های هوایی اولین منبع اطلاعات سنجنش از دور بودند و

هنوز هم به خاطر قابلیت تولید تصاویر با توان تفکیکی مکانی

بالا (کمتر از یک متر در هر پیکسل) استفاده می‌شوند. از این

عکس‌ها برای تعیین محل‌های تخم‌ریزی پشه‌ها استفاده شده

و این کار باعث صرفه‌جویی در وقت و هزینه نسبت به

مطالعات میدانی برای جستجوی این محل‌ها گردیده است

(Welch et al. 1989a; 1989b). با وجود این،

عکسبرداری هوایی می‌تواند با هزینه قابل قبولی انجام شود و

می‌توان آن را یک منبع تکمیلی برای اطلاعات سنجنش از دور

تلقی نمود. با توسعه سنجنش از دور ماهواره‌ای، پوشش زمانی

و مکانی سطح زمین افزایش یافته و پوشش تصویری زمین

تقریباً به طور کامل و مداوم در دسترس است.

ماهواره‌های دارای توان تفکیک مکانی متوسط را

می‌توان در مطالعه اکولوژی بیماری‌ها به کار برد، اما توان

بازتاب می‌شود. بخش‌هایی از طیف الکترومغناطیس در محدوده ماوراء بنفش تا امواج میکرو که برای سنجنش از راه دور به کار می‌روند، مشخص‌کننده چهره غیر مستقیم اشیاء هستند.

این علم در قرن نوزدهم با تصاویری که از طریق

دوربین‌های نصب شده بر روی بالون‌ها، و سپس در زمان

جنگ جهانی اول و دوم، از دوربین‌های متصل به

هواپیماهای نظامی گرفته می‌شد، آغاز گردید. اولین کاربرد

سنجنش از دور فضایی به دهه ۱۹۶۰ بر می‌گردد، وقتی که

ماهواره هواشناسی TIROS-1 توسط ایالات متحده آمریکا

برای مشاهده پوشش ابر زمین طراحی و به فضا پرتاب شد.

پس از TIROS تعداد زیادی ماهواره مشاهده زمین ساخته

و راهی فضا گردید. اولین ماهواره تصویر برداری تجاری

OrbView1 نام دارد که در سال ۱۹۹۵ میلادی در مدار

قرار گرفت. این ماهواره تصاویر هواشناسی با توان تفکیک

مکانی ۱۰ کیلومتر تولید کرد. از آن پس سنجنش از دور به

صورت یک تجارت بزرگ در آمد و در زمینه‌های مختلف

هواشناسی، تصویربرداری از اقیانوس‌ها و فعالیت‌های

ماهگیری، محیط زیست شهری و روستایی، پیش بینی بلایا

و پیشگیری محیطی از آنها، و بالاخره در زمینه تولید نقشه-

های رقومی مورد استفاده قرار گرفت. از دهه ۱۹۷۰ میلادی

سنجنش از دور در علوم اجتماعی و بهداشتی وارد شده

است. افزایش کاربری‌های سنجنش از دور به علت رشد

آگاهی از قابلیت‌های آن برای توصیف محیط زیست به دو

صورت مکانی و زمانی است و با ارتقای کیفیت اطلاعات

سنجنش از دور در محدوده‌های زمانی و مکانی و توان

تفکیکی آنها، دسترسی آسان‌تر به این اطلاعات و سیستم-

های رایانه‌ای آنالیز آنها ارتباط مستقیم دارد. مشخصات

ماهواره‌های سنجنش از دور در جدول ۱ ارائه شده است.

یک ویژگی اساسی برای انتخاب تصاویر در بررسی-

های اپیدمیولوژیک بیماری‌ها، توان تفکیکی آنهاست. چهار

حالت پوشش گیاهی، رطوبت خاک، ترکیبات اتمسفر و اطلاعات هواشناسی (دما، جهت باد) فراهم می‌کند. تصاویر رادار در مطالعه بیماری‌های منتقله توسط حشراتی که زندگی آنها وابسته به آب است (مالاریا، تب دانگ، آنسفالیت ها و ...) در نواحی گرمسیری دنیا، به ویژه در جایی که فصل بارانی با اوج بروز موارد بیماری همراه باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Herbreteau et al. 2005).

استخراج اطلاعات سنجش از دور مورد نیاز برای مطالعات بهداشتی برای استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره باید در گام اول پیش پردازش و اصلاح رادیومتریک و ژئومتریک انجام شود. گام دوم ارتقای کیفیت تصویر برای آسانتر کردن ملاحظات بعدی است. افزایش کنتراست و فیلترینگ مکانی اعمال اصلی این مرحله هستند. گام سوم تغییرات تصویر است که روی چندین باند با یک هدف ارتقای مشابه انجام می‌شود. با ترکیب باندهای مختلف، تصاویر جدیدی تشکیل می‌شود که عوارض بارز شده در روی آنها نمایش داده شده‌اند و می‌توان عوارض مختلفی را بر روی آنها تشخیص داد. تصحیح تصویر در سنجش از دور بیشتر به صورت بصری یا دستی انجام می‌شود تا بتوان شکل، روشنایی، اندازه، الگو، و بافت موضوعات مورد نظر را تشخیص داد. گروه‌بندی تصویر در گام چهارم، که معمولاً روی چندین کانال انجام می‌شود، برای شناسایی و تفکیک پیکسل‌ها در گروه‌های همگن پوشش یا کاربری زمین صورت می‌گیرد.

بندپایان خونخوار از قبیل پشه‌ها، کنه‌ها و پشه خاکی‌ها مسئول انتقال بیماری‌های باکتریایی، ویروسی و تک یاخته‌ای به انسان هستند که در مواردی مانند مالاریا، تب دانگ، لیشمانیوز احشایی و تب هموراژیک کنگو-کریمه ممکن است منجر به مرگ فرد مبتلا هم گردد. تا اوایل قرن بیستم میلادی بیماری‌های منتقله توسط بندپایان مسئول بیشتر موارد مرگ بشر در دنیا بودند. این بیماری‌ها همچنین مانعی بر سر راه توسعه مناطق گرمسیر کره زمین مانند آفریقا هستند (Gubler 1998). بلایای طبیعی مانند سیل می‌تواند شرایط را برای

تفکیک زمانی این ماهواره‌ها پایین است. از این دسته می‌توان به: Landsat 4-5 (۳۰ متر در فواصل مشاهده مجدد ۱۶ روزه) و Landsat 7 ETM+ (۱۵ متر در باند پانکروماتیک در فواصل مشاهده مجدد ۱۶ روزه) اشاره کرد. متأسفانه توان تفکیک زمانی این ماهواره‌ها برای تشخیص بسیاری از متغیرهای اکولوژیکی که برای تجزیه و تحلیل مسائل بهداشتی ضروری هستند، بالا نیست. به عنوان مثال یک پیکسل از تصویر ماهواره Landsat 5 TM در هر کدام از باندهای تصویر، توصیف کننده ۳۰ متر مربع بر روی زمین است؛ در حالی که چنین سطحی توده‌های کوچک آب که مراحل لاروی پشه‌های ناقل بیماری در آن طی می‌شود را نشان نمی‌دهد. ماهواره‌های دارای توان تفکیک مکانی بالا (کمتر از ۱۰ متر) جزو آخرین و گران‌ترین ماهواره‌هایی هستند که به فضا پرتاب شده‌اند. از این دسته می‌توان SPOT1-5 (۱۰ و ۵ متر به ترتیب برای باندهای معمولی و پانکروماتیک در فواصل ۲۶ روزه)، IKONOS (۱ متر در باند پانکروماتیک در فواصل ۱/۵ تا ۳ روزه)، Quickbird (۶۱ سانتیمتر در باند پانکروماتیک در فاصله ۱ تا ۳/۵ روزه) و Orbview (۱ متر در باند پانکروماتیک در فاصله ۳ روزه) را نام برد (Herbreteau et al. 2005).

رادارهای تصویربرداری نیز در مطالعات بهداشتی استفاده می‌شوند. آنها یک اشعه با طول موج کوتاه را به سمت اهداف مورد نظر فرستاده و سپس قدرت و زمان تاخیر در بازگشت بازتاب آنها را اندازه‌گیری می‌کنند. رادار قادر به نفوذ از درون ابرها و همه شرایط آب و هوایی (به جز باران‌های شدید) در طول شبانه روز است. این امر برای مطالعاتی که در فواصل زمانی معین باید انجام شوند، یا در مطالعاتی که در نواحی گرمسیری غالباً پوشیده صورت می‌گیرند و این ابرها مشکلاتی را برای دریافت تصاویر ماهواره‌های قابل استفاده از سنجنده‌های چشمی ایجاد می‌کنند، مفید خواهد بود. رادار اطلاعات مختلفی در مورد ساختار و ناهمواری‌های اشیاء هدف، میکروتوپوگرافی،

با استفاده از موتورهای جستجوی اینترنتی شامل yahoo و google، بانک اطلاعات پزشکی PubMed، سایت‌های اینترنتی ناشرین مجلات از جمله Elsevier، Blackwell، Ovid، و ... و همچنین بانک اطلاعات مجلات ایرانی IranMedex و Majiran و سایت کتابخانه‌های دانشگاه‌های کشور، کلمات کلیدی مانند Remote sensing (سنجش از دور)، Satellite (ماهواره)، Tick (کنه)، Mosquito (پشه) و Sand fly (پشه خاکی) جستجو شد. از مقالات و منابع انگلیسی و فارسی در تهیه این مقاله استفاده شد و متون نوشته شده به سایر زبان‌ها شامل این مرور نمی‌شوند. خلاصه نتایج بدست آمده به صورت چند جدول تهیه و ارائه شده‌اند.

نتایج

کاربرد اطلاعات سنجش از دور در اپیدمیولوژی بیماری‌های منتقله شامل بازیابی متغیرهای محیطی است که اکوسیستم ناقل را توصیف می‌کنند، مانند: پوشش زمین، دما، رطوبت یا فشار بخار، و بارندگی. اندازه‌گیری بازتاب سطح زمین و دما را می‌توان به طور مستقیم از ماهواره‌ها بدست آورد. با وجود این، اندازه‌گیری متغیرهای هواشناسی و اقلیمی در نزدیک سطح زمین کار دشواری است و بنابراین مدل‌های تجربی برای آن استفاده می‌شود. چندین شاخص اکولوژیک در سنجش از دور بیماری‌های منتقله بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این‌ها عبارتند از شاخص‌های مربوط به پوشش گیاهی (NDVI)، دماهای سطحی زمین و دریا (SST و LST)، رطوبت خاک و دوره ابر سرد (CCD) (Herbreteau et al. 2005).

ماهواره‌های محیطی که مشاهدات زمینی یک منطقه را به صورت روزانه یا چند نوبت در روز جمع‌آوری می‌کنند (مانند ماهواره NOAA) برای جمع‌آوری سرعت تغییرات متغیرهای هواشناسی مانند رطوبت و دمای سطحی مناسب هستند. اطلاعات بدست آمده از این ماهواره‌ها در مدل‌سازی

انتشار بیماری‌هایی مانند مالاریا، وبا و اسهال فراهم سازند. گرم شدن کره زمین و تغییرات اقلیمی گسترده‌ای که در سال‌های اخیر به وقوع پیوسته، باعث گسترش دامنه ناقلین و بیماری‌های منتقله به خارج از مرزهای قبلی شان گردیده است.

به دلیل افزایش روند اپیدمی‌های گسترده بیماری‌های منتقله (مانند مالاریا)، روش‌های پیشرفته‌ای برای پیش‌آگاهی، تشخیص سریع، و پیشگیری از بیماری لازم هستند. در این بین فن‌آوری سنجش از دور ماهواره‌ای نتایج نویدبخشی را در زمینه ارزیابی خطر بیماری‌های منتقله در ابعاد مکانی مختلف به همراه داشته است. اگرچه تصاویر ماهواره نمی‌توانند خود بندپایان ناقل را شناسایی کنند، ولی از آنها به منظور استخراج شرایط محیطی لازم برای رشد و نمو ناقلین استفاده می‌شود. ماهواره‌ها قابلیت تشخیص تغییرات محیط زیست از الگوهای اقلیمی طبیعی موثر بر نشو و نما ناقلین بیماری‌ها را دارند. بنابراین روش‌های تهیه نقشه‌های وقوع و خطر بیماری از اطلاعات ماهواره‌ای حداقل مستلزم دانستن ارتباط‌های بین یک بیماری منتقله با محیط هوا، زمین یا آب است که بیماری در آن رخ می‌دهد. این کار باید توسط گروهی از متخصصین مربوطه شامل حشره شناس‌ها، انگل شناس‌ها، اکولوژیست‌ها، اپیدمیولوژیست‌ها، متخصصین سنجش از دور و کامپیوتر انجام شود (Kalluri et al. 2007).

با توجه به اهمیت سه گروه مهم از بندپایان شامل پشه‌ها، پشه خاکی‌ها و کنه‌ها در چرخه بیماری‌های منتقله در ایران، این مقاله مروری بر کارهای انجام شده در زمینه کاربرد سنجش از دور در مورد این بندپایان دارد. هدف این مقاله توصیف محدوده کاربردهای سنجش از دور، اطلاعات و فرآیندهای دخیل در آن در زمینه بیماری‌های منتقله برای کمک به محققین علاقمند کشورمان است.

روش کار

چرخه زندگی ناقل در ارتباط با محیط ارزشمند می‌باشد. به طور کلی ماهواره‌های محیطی مشاهدات بیشتری از سطح زمین در یک توان تفکیکی کمتر (حدود یک کیلومتر) در نواحی جغرافیایی وسیع دارند و قیمت اطلاعات آنها در مقایسه با سایر ماهواره‌های با توان تفکیکی بالاتر (حدود ۳۰ متر) ارزان‌تر است. ترکیبی از اطلاعات دارای توان تفکیک مکانی بالا برای طبقه‌بندی کاربری/پوشش زمین و اطلاعات ماهواره‌های محیطی با توان تفکیک مکانی کمتر برای پایش تغییرات محیطی در مطالعه شرایط اقلیمی سطح زمین برای مدل‌سازی جمعیت‌های ناقل مناسب خواهد بود.

با وجود این که مدل‌هایی برای ساخت نقشه‌های پراکندگی ناقل در زمان و مکان از اطلاعات ماهواره‌ای وجود دارند، فقط روش‌هایی به درک ما از فرآیندهای بیولوژیک کمک می‌کنند که اطلاعات معنی‌داری برای اپیدمیولوژی بیماری و کنترل بیماری برای ما فراهم نمایند. یک مقاله مروری در مورد روش‌های مدل‌سازی برای تولید نقشه ناقل و بیماری‌های منتقله توسط (Rogers et al. 2002a) ارائه شده است. تبیین ترین مدل برای این کار استفاده از رگرسیون منطقی یا روش‌های آنالیز تفکیکی می‌باشد که ارتباط بین اطلاعات محیطی چند متغیره و الگوهای وجود یا عدم وجود ناقل برای تولید نقشه ناقل و یا بیماری منتقله را مشخص می‌کند. هر دو روش قادر به پیشگویی احتمال وجود متغیر وابسته (ناقل یا بیماری) با توجه به یکسری متغیر مستقل (شرایط اقلیمی و پوشش/کاربری زمین) هستند و می‌توانند نقشه‌های خطر را براساس شباهت نقاط مختلف با محل‌های انتشار بیماری یا ناقل از داده‌های نمونه استخراج کنند (Kalluri et al. 2007).

مطالعات سنجش از دور انجام شده بر روی پشه‌ها در ابتدا برای شناسایی زیستگاه‌های لاروی آنها با تهیه نقشه کاربری و پوشش زمین متمرکز بودند (Barnes and Cibula 1979; Wagner et al. 1979; Pope et al. 1992; Beck et al. 1994; Rejmankova et al. 1995). در این مطالعه‌ها از آنالیز تصاویر ماهواره‌های لندست و اسپات استفاده شده است. با طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری/پوشش زمین از نظر خطری که به طور بالقوه در

چرخه زندگی ناقل در ارتباط با محیط ارزشمند می‌باشد. به طور کلی ماهواره‌های محیطی مشاهدات بیشتری از سطح زمین در یک توان تفکیکی کمتر (حدود یک کیلومتر) در نواحی جغرافیایی وسیع دارند و قیمت اطلاعات آنها در مقایسه با سایر ماهواره‌های با توان تفکیکی بالاتر (حدود ۳۰ متر) ارزان‌تر است. ترکیبی از اطلاعات دارای توان تفکیک مکانی بالا برای طبقه‌بندی کاربری/پوشش زمین و اطلاعات ماهواره‌های محیطی با توان تفکیک مکانی کمتر برای پایش تغییرات محیطی در مطالعه شرایط اقلیمی سطح زمین برای مدل‌سازی جمعیت‌های ناقل مناسب خواهد بود.

با وجود این که مدل‌هایی برای ساخت نقشه‌های پراکندگی ناقل در زمان و مکان از اطلاعات ماهواره‌ای وجود دارند، فقط روش‌هایی به درک ما از فرآیندهای بیولوژیک کمک می‌کنند که اطلاعات معنی‌داری برای اپیدمیولوژی بیماری و کنترل بیماری برای ما فراهم نمایند. یک مقاله مروری در مورد روش‌های مدل‌سازی برای تولید نقشه ناقل و بیماری‌های منتقله توسط (Rogers et al. 2002a) ارائه شده است. تبیین ترین مدل برای این کار استفاده از رگرسیون منطقی یا روش‌های آنالیز تفکیکی می‌باشد که ارتباط بین اطلاعات محیطی چند متغیره و الگوهای وجود یا عدم وجود ناقل برای تولید نقشه ناقل و یا بیماری منتقله را مشخص می‌کند. هر دو روش قادر به پیشگویی احتمال وجود متغیر وابسته (ناقل یا بیماری) با توجه به یکسری متغیر مستقل (شرایط اقلیمی و پوشش/کاربری زمین) هستند و می‌توانند نقشه‌های خطر را براساس شباهت نقاط مختلف با محل‌های انتشار بیماری یا ناقل از داده‌های نمونه استخراج کنند (Kalluri et al. 2007).

مطالعات سنجش از دور در بیماری‌های منتقله توسط پشه‌ها: پشه‌ها در تمام نقاط دنیا یافت می‌شوند و بیماری‌های منتقله توسط آنها از علل مهم مرگ و میر انسان‌ها به شمار می‌روند. یک سابقه طولانی در مورد توسعه مدل‌های انتقال بیماری توسط پشه‌ها در دنیا وجود دارد (Ross

منتقله توسط کنه‌ها به انسان در ایران به شمار می‌روند. کنه‌های سخت در طول دوره زندگی‌شان ممکن است یک، دو و یا سه میزبان مختلف داشته باشند. در مرحله‌ای از زندگی هم که به صورت آزاد و خارج از بدن میزبان زندگی می‌کنند نیازمند میکروکلیم‌های اختصاصی هستند و در این محل‌ها منتظر میزبان مناسب می‌مانند. جمعیت کنه‌ها در جنگل‌های خزان‌کننده و همچنین در بوته‌زارهای دارای گیاهان علفی در اقلیم معتدله با رطوبت نسبی بالا، زیاد است. تغییرات در بروز بیماری‌های منتقله توسط کنه‌ها همیشه نمی‌تواند به تغییرات اقلیمی وابسته باشد، بلکه تغییر در سایر اجزای چرخه‌های پیچیده اکولوژیک هم ممکن است تا حدی در این زمینه نقش آفرینی کند. به عنوان مثال بیماری لایم در ایالات متحده اغلب در ایالت‌های شمال شرقی اقیانوس آتلانتیک متمرکز است و انتشار این بیماری به نظر می‌رسد ارتباط نزدیکی با افزایش جمعیت آهوی دم سفید داشته باشد. با کاهش فشار شکار این آهو و افزایش زمین‌های جنگلی در نزدیکی زیستگاه‌های انسانی، افزایش در موارد بیماری مشاهده شده است (Nocton and Steere 1995).

وابستگی فصلی قوی در بیماری‌های منتقله توسط کنه‌ها وجود دارد که با دما و شرایط پوشش گیاهی مرتبط است (Randolph 2000). دما و رطوبت هم عوامل تعیین‌کننده برای تخم‌ریزی و رشد و نمو کنه‌ها هستند. از آنجایی که این عوامل می‌تواند با NDVI مرتبط باشد، اندازه‌گیری این شاخص در فواصل زمانی مختلف می‌تواند برای بررسی وفور کنه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. کنه‌ها تحرک زیادی در طبیعت ندارند و برای جابجایی در مسیرهای طولانی به میزبان‌هایشان وابسته هستند. با وجود این، همه محیط‌هایی که میزبان کنه‌ها ممکن است در آن ساکن باشد، برای بقا و تولید مثل کنه‌ها مناسب نیستند. بنابراین وجود جمعیت کافی میزبان به تنهایی نمی‌تواند یک عامل خطر برای انتقال بیماری محسوب شود. در مطالعه‌ای که برای تعیین محیط‌های زیست اختصاصی کنه *Ixodes scapularis* با استفاده از اطلاعات

زمینه احتمال وجود پشه‌ها دارند، می‌توان مدل‌هایی برای یافتن نقاط دارای احتمال بالای حضور پشه‌ها طراحی نمود. از مهمترین شاخص‌هایی که در مورد بیماری‌های منتقله توسط پشه‌ها کاربرد دارد، می‌توان به شاخص‌های NDVI، SST، CCD و LST اشاره کرد. محققین مختلف از این شاخص‌ها برای پراکندگی پشه‌ها و بیماری‌های منتقله توسط آنها استفاده کرده‌اند (Linthicum et al. 1991; Thomson et al. 1996). بررسی تغییرات در SST نشان داد که افزایش این شاخص در اقیانوس‌های آرام و هند با افزایش بارندگی در شرق آفریقا ارتباط دارند. با تلفیق اطلاعات SST و NDVI به عنوان متغیرهای پیش‌بینی‌کننده، بروز تب دره ریفت را تا ۵ ماه پیش‌بینی کرده‌اند (Linthicum et al. 1999; Anyamba et al. 2001). همچنین ارتباط بین شاخص‌های حشره‌شناسی مانند EIR (تعداد گزش‌های آلوده به فرد در یک سال) و اطلاعات بدست آمده از ماهواره برای تولید نقشه‌های خطر ویروس غرب نیل در ایالات متحده (Rogers et al. 2002b) و نقشه‌های پراکندگی جهانی تب زرد و تب دانگ (Rogers et al. 2006) استفاده شده است. جدول ۲ فهرستی از مطالعات سنجش از دور انجام شده بر روی پشه‌ها را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در ایران فقط یک مطالعه در زمینه یافتن زیستگاه‌های ناقلین مالاریا منتشر شده بود (Hanafi-Bojd et al. 2012) که نتایج این تحقیق در اختیار اداره مالاریای مرکز مدیریت بیماری‌های وزارت بهداشت قرار گرفته است. بدیهی است از این تحقیق می‌توان برای انجام برنامه‌های کنترلی ناقلین مالاریا در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود.

مطالعات سنجش از دور در بیماری‌های منتقله توسط کنه‌ها: کنه‌ها مسئول انتقال تعدادی از عوامل بیماری‌زا شامل تک‌یاخته‌ها، ریکتزیاها، باکتری‌ها و ویروس‌ها به انسان و دام‌ها هستند که باعث خسارت‌های اقتصادی در تمام دنیا می‌شود. تب هموراژیک کنگو-کریمه و تب راجعه مهمترین بیماری

شاخص NDVI و اطلاعات هواشناسی در این منطقه مدل-سازی شده و نقشه‌ای برای شناسایی دقیق همه نواحی که احتمال حضور این پشه خاکی در آنها بود تهیه گردید (Cross et al. 1996).

با استخراج کاربری/پوشش زمین از تصاویر ماهواره IRS LISS3 هندوستان، تراکم پشه خاکی *P. argentipes* به عنوان ناقل لیشمانیوز احشایی انجام شد (Sudhakar et al. 2006). بررسی نشان داد که نواحی اندمیک بیماری دارای توده‌های آب سطحی بیشتری نسبت به نواحی غیراندمیک هستند. همچنین تفاوت‌های معنی‌داری در پوشش گیاهی و انواع خاک بین دو ناحیه وجود داشت. پوشش گیاهی شامل گیاهان آبدار در نواحی اندمیک بیشتر بود، در حالی که در نواحی غیر اندمیک پوشش گیاهی شامل گیاهان خاردار و دارای ساقه‌های سفت بود. مطالعات انجام شده در زمینه کاربرد سنجش از دور در مطالعات پشه خاکی‌ها و بیماری‌های منتقله توسط آنها در جدول ۴ ارائه شده است.

بحث

تفسیر تصاویر ماهواره و عکس‌های هوایی با ابزارهای سنجش از دور، به ما اطلاعاتی از وضعیت سطح زمین می‌دهد. اطلاعات جمع‌آوری شده توصیف‌کننده عوامل زنده و برخی از عوامل غیرزنده از قبیل دما هستند. دانشمندان باید از میان انبوه اطلاعات سنجش از دور، شاخص‌هایی را که به توصیف مسائل بهداشتی کمک می‌کنند، تشخیص داده و استخراج نمایند. در زمینه بیماری‌های منتقله توسط بندپایان باید با رویکردهای زیر به تفسیر تصاویر پرداخت:

(۱) رویکرد ناقل: برای مشخص نمودن زیستگاه‌های حیوانات و ارزیابی پراکنش و تراکم بالقوه آنها انجام می‌شود. شناسایی نیچ‌های اکولوژیک به ویژه در مطالعه بیماری‌های منتقله توسط ناقلین از طریق شناسایی حیوانات آلوده (در بیماری‌هایی که مخزن حیوانی دارند)، می‌تواند خطر آلودگی جمعیت بومی

محیطی محل‌های جمع‌آوری کنه‌ها در طبیعت و همچنین نقشه پوشش زمین استخراج شده از تصاویر ماهواره لندست، و نقشه‌های خاک، زمین‌شناسی، ارتفاع و اقلیم انجام شد، یک آنالیز تفکیکی برای یافتن عوامل تعیین‌کننده صورت گرفت (Guerra et al. 2002). به منظور ترسیم نقشه زیستگاه‌های مناسب هم از آنالیز رگرسیون استفاده شد و نواحی دارای بیشترین استعداد وجود کنه با بروز موارد بیماری لایم در منطقه تا ۸۳/۹ درصد همخوانی داشت. در این بررسی مشخص شد که نوع خاک و پوشش زمین عوامل تعیین‌کننده برای وجود کنه‌ها بودند. سایر مطالعات انجام شده به کمک سنجش از دور در زمینه کنه‌ها و بیماری‌های منتقله توسط آنها در جدول ۳ ارائه شده است. مطالعات سنجش از دور در بیماری‌های منتقله توسط پشه خاکی‌ها: لیشمانیوز جلدی، جلدی-مخاطی و احشایی سه بیماری مهم منتقله توسط پشه خاکی‌ها فلبوتومینه (Psychodidae: Phlebotominae) به شمار می‌روند که از این میان دو نوع جلدی و احشایی در ایران وجود دارد. به علت این که لارو پشه خاکی‌ها را به سختی می‌توان در طبیعت پیدا کرد، مطالعه چرخه زندگی آنها خیلی دشوار است. با توجه به محدوده انتشار پشه خاکی‌ها در اقلیم‌های گرمسیری و معتدله، انواع لیشمانیوز در این نواحی شامل شمال آفریقا، خاور میانه، بخش‌هایی از اروپا و مرکز آمریکای جنوبی انتشار دارد. لیشمانیوزها بیماری اصلی سگ‌سانان و موش‌ها هستند و انسان‌ها به طور تصادفی در چرخه انتقال قرار می‌گیرند. عواملی از قبیل نابودی جنگل‌ها، مهاجرت جمعیت از نواحی روستایی اندمیک، و افزایش جمعیت در نواحی دارای سطح بهداشت پایین، به علت افزایش تماس بین ناقلین و میزبان‌ها باعث افزایش بیماری می‌شود.

از آنجایی که لیشمانیوز به عنوان یک خطر بهداشتی در خاورمیانه محسوب می‌شود، پراکندگی *Phlebotomus papatasi* به عنوان ناقل اصلی بیماری با استفاده از

خاص از طیف الکترومغناطیس باید عواملی که بر یک پاسخ هدف‌های مورد مطالعه در این محدوده طول موج اثر می‌گذارد، را دانست.

- تکنیک پیش پردازش‌ها و پردازش‌های تصاویر ماهواره نیز یک موضوع وقت‌گیر است که انتظار نمی‌رود محققین علوم بهداشتی در آن ماهر باشند. لذا باید تصاویر قبل از منتشر شدن تصحیح شوند و سپس متغیرهای اکولوژیکی سنجش شده از دور، از آن استخراج گردد.

فعالیت‌های بشر که باعث تغییر پوشش زمین و افزایش گازهای گلخانه‌ای شده، منجر به تغییر اقلیم جهانی گردیده که می‌تواند مرزهای اکوسیستم ناقلین بیماری‌ها را توسعه داده و منجر به افزایش بیماری‌های عفونی شود (Patz and Reisen 2001). ترسیم نقشه‌های نشان دهنده خطر فصلی بیماری‌های منتقله توسط ناقلین برای پایش اثر تغییرات جهانی بر روی اکولوژی ناقل ضروری است. در صورتی که اطلاعات ماهواره‌ای پردازش شده در اختیار محققین علوم بهداشتی قرار گیرد، می‌توان نقشه‌های خطر را در زمان واقعی برای هشدار آماده باش به مسئولین بهداشتی مربوطه ارائه داد.

نتیجه گیری

باید توجه داشت که استفاده از روش‌های سنجش از دور برای مدل سازی و پیش بینی بیماری‌های منتقله یک زمینه کاری نوپاست و کاربرد آن باید با همکاری محققین سنجش از دور و متخصصین علوم بهداشتی در پروژه‌های تحقیقاتی تقویت شود. باید تلاش کرد تا مدل های مبتنی بر پردازش و مدل های دارای قابلیت تغییر در مواقع مختلف که بر بیولوژی ناقل به عنوان پیش‌گویی کننده انتقال بیماری‌ها تکیه می‌کند، به جای مدل‌های آماری که به وضوح روابط بین اطلاعات ماهواره‌ای و بیماری را نشان نمی‌دهد، مورد استفاده قرار گیرد. مدل‌های آماری ساده می‌تواند یک نقطه آغاز خوب برای ارتباط دادن بین تعداد محدود متغیرهای محیطی

آن نیچ را بسنجد. برای تعیین خطر واقعی بیماری باید مطالعه شیوع عامل بیماریزا در حیوانات مخزن نیز انجام شود.

- ۲) رویکرد آسیب پذیری انسان: اطلاعات سنجش از دور نمی‌توانند آسیب پذیری انسان به عفونت بیماری را در صورتی که منشأ یا ارتباط محیطی نداشته باشد، تخمین بزنند. در این مورد اطلاعات اجتماعی-اقتصادی، فرهنگی، رفتاری باید آنالیز شوند. با وجود این، تصاویر دارای توان تفکیک مکانی بالا می‌توانند محل‌های سکونت انسان‌ها را نشان دهند و از این طریق می‌توان به عنوان مثال فاصله بین منازل آنها و نواحی خطرناک از نظر انتقال بیماری را تعیین کرد.

جدای از تعریف و تمجیدهای مکرری که برای استفاده از ابزارهای سنجش از دور در سلامت انسان و به ویژه در اپیدمیولوژی می‌شود، دسترسی به اطلاعات مناسب یک محدودیت اصلی برای استفاده موثر از این علم است. این مشکل به علل زیر بروز می‌کند:

- هزینه تصویرها: اطلاعات سنجش از دور باید براساس ارتباط با نتایجی که از آنها انتظار داریم، انتخاب شوند. این در حالی است که قیمت این اطلاعات و در دسترس بودن آنها معمولاً بر تصمیم‌گیری تاثیر می‌گذارد.
- در دسترس بودن تصاویری که منطقه مطالعه را به طور کامل پوشش دهد (با پوشش ابری کم) در تاریخ‌های مورد درخواست: مطالعاتی که طبقه‌بندی زمین را انجام می‌دهند، معمولاً از یک فریم تصویر استفاده می‌کنند، در حالی که بدیهی است چندین تصویر اطلاعات دقیقتری فراهم خواهند کرد.
- انتخاب طول موج‌های خاص برای مشاهده عوارض مورد نظر: قبل از انتخاب یک بخش

باشد که از اطلاعات ماهواره‌ای با الگوی مکانی و زمانی بیماری و ناقلین بدست می‌آید. مدل‌های ساده ریاضی هم می‌تواند پردازش‌های اپیدمیولوژیکی از یک آنالیز الگوهای مکانی مشاهده شده از بیماری و محیط را استنباط کند. به نظر می‌رسد سنجش از دور اکوسیستم‌های ناقل و تفسیر این الگوها حاوی فرصت‌هایی برای محققین علوم بهداشتی باشد. علاوه بر بیولوژی ناقل، الگوهای اجتماعی و رفتاری از قبیل زمانی که انسان در اماکن خارجی سپری می‌کند و خطر مواجهه با ناقلین انسان دوست را افزایش می‌دهد، انواع ساختمان‌های مسکونی، و استفاده از پشه

بندها و ترکیبات دورکننده به همراه در دسترس بودن تسهیلات مراقبت بهداشتی که مرتبط با شرایط اجتماعی-اقتصادی هستند، در پیشگیری از بیماری و کنترل آن حائز اهمیت هستند. مشخص شده که الگوهای بیماری ارتباط نزدیکی با فقر و نابرابری‌های اجتماعی دارند. این عوامل را نمی‌توان به تنهایی با سنجش از دور بدست آورد، اگرچه مطالعات مرور شده در این مقاله بیانگر کارایی سنجش از دور و سایر فن‌آوری‌های آنالیز اطلاعات جغرافیایی در پایش ناقل و بیماری هستند.

جدول ۱- خصوصیات و کاربردهای ممکن ماهواره ها و سنجنده های آنها که می تواند در مطالعات بیماری های منتقله استفاده شود (Herbreteau et al. 2005)

ماهواره	ارتفاع (KM)	زمان مشاهده مجدد	سنجنده	توان تفکیک مکانی (متر)	آنالیزهای ممکن مکانی	زمانی
ENVISAT, after ERS-2	۹۰۰	۳۵ روز	SAR, RA, MERIS	۱۰۰ متر تا ۲ کیلومتر	محیط - رطوبت هوا و خاک	پیش بینی تغییرات اقلیمی
ERS 1-2	۷۸۵	۳-۳۵-۱۶۸ روز	AMI-SAR, ATSR, RA	۳۰ متر (SAR) ۵۰ کیلومتر	باد، رطوبت، SST, SSW, WV	تغییرات/پیش بینی اقلیم
GMS 1-5	۳۶۰۰۰	۳۰ دقیقه	VISSR	۵۰۰۰-۱۲۵۰		پیش بینی اقلیم
GOES 1-7	۳۶۰۰۰	۱۵ دقیقه	VISSR	۴۰۰۰		تغییرات/پیش بینی اقلیم
GOES 8,10	۳۶۰۰۰	۱۵ دقیقه - ۱ روز	GVAR	۶۰۰۰-۴۰۰۰-۱۰۰۰		تغییرات/پیش بینی اقلیم
IKONOS	۶۸۱	۳-۱/۵ روز	MS, PAN	۴ (MS), ۱ (PAN)	کاربری زمین - نقشه کشی	نقشه برداری - تغییرات ساختاری - جریان آب
IRS 1A-1B	۸۱۷		LISS-I, LISS-II	۷۲/۵-۳۶/۲۵	پوشش زمین - کشاورزی	تغییرات محیط زیست
IRS 1C-1D	۸۱۷	۲۴ روز	WiFS, LISS-III, Pan 188	۲۳-۷۰, ۵/۸	پوشش زمین - کشاورزی	تغییرات محیط زیست
IRS P4	۷۲۰	۲ روز	MSMR, OCM	۳۶۰	SST, SSW, WW	آلودگی - تغییرات جهانی
IRS P6	۸۱۷	۵ روز	LISS-3, LISS-4, AWiFS	۲۳/۵ - ۵/۸ - ۲۳/۵	محیط زیست - منابع	پایش محیط زیست
JERS	۵۶۸	۴۴ روز	OPS, SAR	۱۰-۱۰۰	کشاورزی - محیط زیست	بلايا - تغییرات محیط زیست
Landsat 1-4	۹۱۵	۱۸ روز	MSS	۸۰	محیط زیست - پوشش زمین	تغییرات محیط زیست
Landsat 4-5	۷۰۵	۱۶ روز	TM	۱۲۰ (Th), ۳۰	محیط زیست - پوشش زمین	تغییرات محیط زیست
Landsat 7	۷۰۵	۱۶ روز	ETM+	۱۵-۳۰ (Pan), ۶۰ (Th)	محیط زیست - پوشش زمین	تغییرات محیط زیست
Meteosat 1-7	۳۶۰۰۰	۳۰ دقیقه	VIS, IR, WV	۲۵۰۰-۵۰۰۰		پیش بینی/تغییرات اقلیم
OrbView-1	۷۴۰	۳ روز	Orbview-1	بیش از ۲ کیلومتر		پیش بینی/تغییرات اقلیم
OrbView-2	۷۴۰	۳ روز	Orbview-3	۱ (Pan), ۴ (MS)	نقشه های رقومی - محیط زیست	نقشه کشی - برنامه ریزی - جریان آب
OrbView-3	۷۴۰	۳ روز	Orbview-3	۱ (Pan), ۴ (MS)	نقشه های رقومی - محیط زیست	نقشه کشی - برنامه ریزی - جریان آب
OrbView-5	۶۶۰	کمتر از ۱/۵ روز		۱/۶۴ (PAN), ۰/۴۱ (MS)	نقشه های رقومی - محیط زیست - ساختمان سازی - ماشین ها	نقشه کشی - برنامه ریزی - جریان آب

نقشه کشی - برنامه ریزی جریان آب	نقشه های رقومی - محیط زیست	(MS)۲/۴۴ - (PAN) ۰/۶۱	MS, Pan	۶۰۰	Quickbird
بلايا - محیط زیست		۸-۱۰۰	SAR	۷۹۸	Radarsat
محیط زیست جهانی	محیط زیست - پوشش زمین	(PAN)۱۰ - ۲۰	HRV-IR	۸۲۲	SPOT 1,2,3
محیط زیست جهانی	محیط زیست - پوشش زمین	(PAN) ۱۰ - ۲۰ - ۱۰۰۰	HRV-IR, VGT	۸۲۲	SPOT 4
محیط زیست جهانی	محیط زیست - پوشش زمین	(PAN)۵ - ۱۰ - ۲۰	HRG	۸۲۲	SPOT5
بلايا و محیط زیست	محیط زیست - پوشش زمین	۱۰۰۰-۵۰۰-۲۵۰	MODIS	۷۰۵	Terra (EOS AM-1)
تغییر اقلیم	محیط زیست - پوشش زمین	۹۰ - ۳۰ - ۱۵	ASTER	۱۶-۴ روز	
تغییرات محیط	محیط زیست - پوشش زمین	۲۷۵	MISR	۱ روز	
تغییر اقلیم		۲۰ کیلومتر	CERES		

جدول ۲- تعدادی از تحقیقات انجام شده به کمک سنجش از دور در مورد پشه ها

بیماری منتقله	ناقل	کشور	ماهواره-سنجنده	آنالیز	منبع مورد استفاده
تب دانگ	<i>Aedes aegypti</i>	استرالیا	عکس های هوایی	پوشش/کاربری زمین	Moloney et al. 1998
تب دره ریفت	<i>Culex spp., Aedes</i>	کنیا	NOAA	رطوبت خاک- NDVI	Linthicum et al. 1987; 1990
تب دره ریفت	<i>Culex spp</i>	کنیا	لندست TM, SAR	نواحی سیلابی	Pope et al. 1992
تب دره ریفت	<i>Culex spp.</i>	سنگال	SPOT, NOAA	پوشش/کاربری زمین	Linthicum et al. 1994
تب دره ریفت	<i>Aedes, Culex spp.</i>	کنیا	لندست TM, NOAA SPOT, SAR	SST, NDVI	Linthicum et al. 1999
آنسفالیت سنت لویی	<i>Aedes, Culex spp.</i>	ایالات متحده	عکس های هوایی	پوشش/کاربری زمین	Wagner et al. 1979
پشه ها	<i>Psorophora columbiae</i>	ایالات متحده	عکس های هوایی	زیستگاهها	Fleetwood et al. 1981
پشه ها	<i>Cx. tarsalis, Ae. vexans</i>	ایالات متحده	لندست MSS	زیستگاهها	Hayes et al. 1985
پشه ها	<i>Ps. columaie</i>	ایالات متحده	عکس های هوایی مادون قرمز	زیستگاهها	Welch et al. 1989a; 1989b
پشه ها	<i>An. freeborni</i>	ایالات متحده	ER2-TMS	قابلیت تولید گیاه- NDVI	Wood et al. 1991a; 1991b; 1992
پشه ها	<i>Cx. annulirostris</i>	استرالیا	عکس های هوایی	محل های تخمیزی	Dale and Morris 1996
پشه ها	<i>Cx. quinquefasciatus</i>	هندوستان	IRS-1A-1B-LISS-II	کاربری زمین و طبقه بندی آن	Sharma et al. 1996
پشه ها	<i>Anopheles sp.</i>	تانزانیا	عکس های هوایی	کاربری زمین	Sattler et al. 2005
فیلاریازیس	<i>Cx. pipiens</i>	مصر	لندست TM	NDVI	Hassan et al. 1998
مالاریا	<i>An. albimanus</i> <i>An. pseudopunctipennis</i>	مکزیک	لندست TM	کاربری و پوشش زمین	Rejmankova et al. 1991; 1992; 1995; Beck et al. 1997
مالاریا	<i>An. albimanus</i>	مکزیک	لندست TM	کاربری و پوشش زمین	Beck et al. 1994; 1997
مالاریا	<i>An. albimanus</i>	بلیز	SPOT	کاربری زمین	Rejmankova et al. 1992
مالاریا	<i>An. Darling An. pseudopunctipennis</i>	بلیز	SPOT-XS	محیط زیست	Beck et al. 1997
مالاریا	<i>An. albimanus</i>	مکزیک	عکس های هوایی	کاربری زمین	Rodriguez et al. 1996
مالاریا	<i>An. spp</i>	هندوستان	IRS-1A-1B-LISS-II	چشم انداز	Sharma et al. 1996
مالاریا	<i>An. spp</i>	گامبیا	METEOSAT, NOAA	CCD, NDVI	Thomson et al. 1996; 1997
مالاریا	<i>An. gambiae</i> <i>An. funestus</i>	کنیا	NOAA	NDVI	Patz 1998
مالاریا	<i>An. spp</i>	کره جنوبی	لندست TM	کاربری زمین	Claborn et al. 2002
مالاریا	<i>An. spp</i>	کنیا- اوگاندا	METEOSAT, NOAA	NDVI, LST, اقلیم	Abeku et al. 2004; Hay et al. 1998a; 1998b; 1999; 2003
مالاریا	<i>Anopheles sp.</i>	زامبیا	ASTER, SRTM	پوشش گیاهی- کاربری زمین- مدل ارتفاع رقومی	Clennon et al. 2010
مالاریا	<i>Anopheles spp</i>	ایران	IRS	پوشش / کاربری زمین	Hanafi-Bojd et al. 2012

جدول ۳- تعدادی از تحقیقات انجام شده به کمک سنجش از دور در مورد کنه ها

منبع مورد استفاده	آنالیز	ماهواره-سنجنده	کشور	ناقل	بیماری منتقله
Daniel et al. 1990; 1998	انواع جنگل: طبقه بندی	لندست TM	جمهوری چک	<i>Ixodes ricinus</i>	بیماری لایم
Kitron et al. 1993	NDVI	لندست TM	ایالات متحده	<i>I. scapularis</i>	بیماری لایم
Dister et al. 1997	ساختار پوشش گیاهی، رطوبت	لندست TM	ایالات متحده	<i>I. scapularis</i>	بیماری لایم
Estrada-Pena 1999	دما، NDVI	NOAA	ایالات متحده	<i>I. scapularis</i>	بیماری لایم
Guerra et al. 2002	اقليم، NDVI	لندست TM، NOAA	ایالات متحده	<i>I. scapularis</i>	بیماری لایم
Hugh-Jones et al. 1988; 1992	کاربری زمین، MI، PVI	لندست TM	گوادلوپ	<i>Amblyoma variegatum</i>	کنه ها
Perry et al. 1991	NDVI	NOAA	آفریقا	<i>Rhipicephalus appendiculatus</i>	کنه ها
Randolph 1993; 1994; 1999	NDVI	NOAA	آفریقای جنوبی	<i>R. appendiculatus</i>	کنه ها
Estrada-Pena et al. 2001; 2002	NDVI	NOAA	آمریکای مرکزی و جنوبی	<i>Boophilus microplus</i>	کنه ها
Randolph 2000	NDVI	لندست - NOAA	کارتایب، اروپا، آفریقا	<i>A. varginatum, I. ricinus</i>	کنه ها
Calvete et al. 2003	NDVI	NOAA	اسپانیا	کنه های آفریقایی <i>Ixodess spp.</i>	کنه ها

جدول ۴- تعدادی از تحقیقات انجام شده به کمک سنجش از دور در مورد پشه خاکی ها

بیماری منتقله	ناقل	کشور	ماهواره-سنجنده	آنالیز	منبع مورد استفاده
لیشمانیوز	<i>Phlebotomus papatasi</i>	جنوب غربی آسیا	NOAA	NDVI	Cross et al. 1996
لیشمانیوز	<i>P.orientalis</i>	شرق سودان	SPOT-Vegetation	-NDVI اقلیم	Elnaiem et al. 2003
لیشمانیوز	<i>P.martini</i> , <i>P.orientalis</i>	شرق آفریقا	NOAA	.LST NDVI	Gebre-Michael et al. 2004

References

- Abeku, TA., Hay, SI., Ochola, SA., Langi, P., Beard, B., De Vlas, SJ. and Cox, J., 2004. Malaria epidemic early warning and detection in African highlands. *Trends in Parasitology*. **20**(9), pp. 400-405.
- Anderson, RM. and May, RM., 1999. *Infectious diseases of humans*. New York: Oxford University Press. P. 757
- Anyamba, A., Linthicum, KJ. and Tucker, CJ., 2001. Climate-disease connections: Rift Valley Fever in Kenya. *Cadernos de Saude Publica*. **17**, pp. 133-140.
- Barnes, CM. and Cibula, CG., 1979. Some implications of remote sensing technology in insect control programs including mosquitoes. *Mosquito News*. **39**, pp. 271-282.
- Beck, LR., Rodriguez, MH., Dister, SW., Rodriguez, AD., Rejmankova, E. and Ulloa, A., 1994. Remote Sensing as a landscape epidemiologic tool to identify villages at high risk for malaria transmission. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. **51**(3), pp. 271-280.
- Beck, LR., Rodriguez, MH. and Dister, SW., Rodriguez, AD., Washino, RK., Roberts, DR. and Spanner, MA., 1997. Assessment of a Remote Sensing-based model for predicting malaria transmission risk in villages of Chiapas, Mexico. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. **56**(1), pp. 99-106.
- Calvete, C., Estrada, R., Lucientes, J. and Estrada, A., 2003. Ectoparasite ticks and chewing lice of red-legged partridge, *Alectoris rufa*, in Spain. *Medical and Veterinary Entomology*. **17**(1), pp. 33-37.
- Claborn, DM., Masuoka, PM., Klein, TA., Hooper, T., Lee, A. and Andre, RG., 2002. A cost comparison of two malaria control methods in Kyunggi Province, Republic of Korea, using remote sensing and geographic information systems. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. **66**, pp. 680-685.
- Clennon, JA., Kamanga, A., Musapa, M., Shiff, C. and Glass, GE., 2010. Identifying malaria vector breeding habitats with remote sensing data and terrain-based landscape indices in Zambia. *International Journal of Health Geographic*. **5**(9), P. 58.
- Cross, ER., Newcomb, WW. and Tucker, CJ., 1996. Use of weather data and remote sensing to predict the geographic and seasonal distribution of *Phlebotomus papatasi* in southwest Asia. *The American Journal of*

- Tropical Medicine and Hygiene*. **54**(5), pp. 530-536.
- Dale, PER. and Morris, CD., 1996. *Culex annulirostris* breeding sites in urban areas: using remote sensing and digital image analysis to develop a rapid predictor of potential breeding areas. *Journal of the Am Mosquito Control Association*. **12**(2), pp. 316-320.
- Daniel, M. and Kolar, J., 1990. Using satellite data to forecast the occurrence of the common tick *Ixodes ricinus*. *Journal of Hygiene, epidemiology, microbiology and immunology*. **34**(3), pp. 243-252.
- Daniel, M., Kolar, J., Zeman, P., Pavelka, K. and Sadlo, J., 1998. Predictive map of *Ixodes ricinus* high-incidence habitats and a tickborne encephalitis risk assessment using satellite data. *Experimental and Applied Acarology*. **22**, pp. 417-433.
- Dister, SW., Fish, D., Bros, SM., Frank, DH. and Wood, BL., 1997. Landscape characterization of peridomestic risk for Lyme disease using satellite imagery. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. **57**(6), pp. 687-692.
- Elnaïem, DA., Schorscher, J., Bendall, A., Obsomer, V., Osman, ME. and Mekki, AM., 2003. Risk mapping of visceral leishmaniasis: the role of local variation in rainfall and altitude on the presence and incidence of Kala-Azar in eastern Sudan. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. **68**, pp. 10-17.
- Estrada-Peña, A., 1999. Geostatistics and remote sensing using NOAA-AVHRR satellite imaery as predicitive tools in tick distribution and habitat suitability estimations for *Boophilus microplus* (Acari: Ixodae) in South America. *Veterinary Parasitology*. **81**, pp. 73-82.
- Estrada-Peña, A., 2001. Forecasting habitat suitability for ticks and prevention of tick-borne diseases. *Veterinary Parasitology*. **98** (1-3), pp. 111-132.
- Estrada-Peña, A., 2002. Increasing habitat suitability in the United States for the tick that transmits Lyme disease: a remote sensing approach. *Environmental Health Perspectives*. **110**(7), pp. 635-640.
- Fleetwood, SC., Chambers, MD. and Terracina, C., 1981. An effective and economical mapping system for the monitoring of *Psorophora columbiae* in rice and fallow fields in south-western Louisiana. *Mosquito News*. **41**, pp. 174-177.
- Gebre-Michael, T., Malone, JB., Balkew, M., Ali, A., Berhe, N., Hailu, A. and Herzi, AA., 2004. Mapping the potential distribution of *Phlebotomus martini* and *P. orientalis* (Diptera: Psychodidae), vectors of kala-azar in East Africa by use of geographic information systems. *Acta Tropica*. **90**(1), pp. 73-86.
- Gubler, DJ., 1998. Resurgent vector-borne diseases as a global health problem. *Emerging Infectious Diseases*. **4**, pp. 442-450.
- Guerra, M., Walker, E., Jones, C., Paskewitz, S., Cortinas, MR. and Stancil, A., 2002. Predicting the Risk of Lyme Disease: habitat suitability for *Ixodes scapularis* in the North Central United States. *Emerging Infectious Diseases*. **8**(3), pp. 289-297.
- Hanafi-Bojd, AA., Vatandoost, H., Oshaghi, MA., Charrahy, Z., Haghdoost, AA., Zamani, G., Abedi, F., Sedaghat, MM., Soltani, M., Shahi, M. and Raeisi, A., 2012. Spatial analysis and mapping of malaria risk in an endemic area, south of Iran: A GIS based decision making for planning of control. *Acta Tropica*. **122**, pp. 132-137.
- Hassan, AN., Beck, LR. and Dister, S., 1998. Predictions of villages at risk for filariasis

- transmission in the Nile delta using remote sensing and geographic information system technologies. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*. **28**(1), pp. 75-87.
- Hay, SI., Snow, RW. and Rogers, DJ., 1998a. From predicting mosquito habitat to malaria seasons using remotely sensed data: practice, problems and perspectives. *Parasitology Today*. **14**(8), pp. 306-313.
- Hay, SI., Snow, RW. and Rogers, DJ., 1998b. Predicting malaria seasons in Kenya using multitemporal meteorological satellite sensor data. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. **92**, pp. 12-20.
- Hay, SI. and Lennon, JJ., 1999. Deriving meteorological variables across Africa for the study and control of vector-borne disease: a comparison of remote sensing and spatial interpolation of climate. *Tropical Medicine and International Health*. **4**(1), pp. 58-71.
- Hay, SI., Renshaw, M., Ochola, SA., Noor, AM. and Snow, RW., 2003. Performance of forecasting, warning and detection of malaria epidemics in the highlands of western Kenya. *Trends in Parasitology*. **19**(9), pp. 394-399.
- Hayes, RO., Maxwell, EL., Mitchell, CJ. and Woodzick, TL., 1985. Detection, identification and classification of mosquito larval habitats using remote sensing scanners in earth-orbiting satellites. *Bulletin of the World Health Organization*. **63**(2), pp. 361-374.
- Herbreteau, V., Salem, G., Souris, M., Hugot, JP. and Gonzalez, JP., 2005. Sizing up human health through remote sensing: uses and misuses. *Parassitologia*. **47**, pp. 65-81.
- Hugh-Jones, M., Barre, N., Nelson, G., Wehnes, C., Warner, J., Garris, G. and Hubbert, W., 1988. Remote recognition of *Amblyomma variegatum* habitats in Guadeloupe using Landsat-TM imagery. *Acta Veterinaria Scandinavica*. pp. 259-261.
- Hugh-Jones, M., Barre, N., Nelson, G., Wehnes, K., Warner, J. and Garvin, J., 1992. Landsat-TM identification of *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) habitats in Guadeloupe. *Remote Sensing of Environment*. **40**(1), pp. 43-55.
- Kalluri, S., Gilruth, P., Rogers and D., Szczur, M., 2007. Surveillance of arthropod vector-borne infectious diseases using remote sensing techniques: A review. *PLoS Pathogens*. **3**(10), e116. doi: 10.1371/journal.ppat.0030116
- Kitron, U. and Kazmierczak, JJ., 1993. Spatial analysis of the distribution of Lyme disease in Wisconsin. *American Journal of Epidemiology*. **145**, pp. 558-566.
- Linthicum, KJ., Bailey, CH., Davies, FG. and Tucker, CJ., 1987. Detection of Rift Valley Fever viral activity in Kenya by satellite remote sensing imagery. *Science*. **235**, pp. 1656-1659.
- Linthicum, KJ., Bailey, CL., Tucker, CJ., Mitchell, KD., Logan, TM. and Davies, FG., 1990. Applications of polar-orbiting, meteorological satellite data to detect flooding in Rift Valley fever virus vector mosquito habitats in Kenya. *Medical and Veterinary Entomology*. **4**, pp. 433-438.
- Linthicum, KJ., Bailey, CL., Tucker, CJ., Angleberger, DR. and Cannon, T., 1991. Towards real-time prediction of Rift-Valley fever epidemics in Africa. *Preventive Veterinary Medicine*. **11**, pp. 325-334.
- Linthicum, KJ., Bailey, CH., Tucker, CJ., Gordon, SW., Logan, TM. and Peters, CJ., 1994. Man-made ecological alterations of Senegal River basin on Rift Valley Fever transmission. *Sistema Terra*. pp. 45-47.

- Linthicum, KJ., Anyamba, A., Tucker, CJ., Kelley, PW., Myers, MF. and Peters, CJ., 1999. Climate and satellite indicators to forecast RVF epidemics in Kenya. *Science*. 285, pp. 397-400.
- Macdonald, G., 1957. *The epidemiology and control of malaria*. London: Oxford University Press. P. 201.
- Moloney, JM., Skelly, C., Weinstein, P., Maguire, M. and Ritchie, S., 1998. Domestic *Aedes aegypti* breeding site surveillance: limitations of remote sensing as a predictive surveillance tool. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 59(2), pp. 261-264.
- Nocton, JJ. and Steere, AC., 1995. Lyme disease. *Advances in Internal Medicine*. 40, pp. 69-117.
- Oaks, SC Jr., Mitchell, VS., Pearson, GW. and Carpenter, CCJ., 1991. *Malaria: obstacles and opportunities: A report of the Committee for the Study on Malaria Prevention and Control: Status review and alternative strategies*. Division of International Health, Institute of Medicine. Washington (D.C.): National Academy Press. P. 328
- Patz, JA., 1998. Predicting key malaria transmission factors, biting and entomological inoculation rates, using modelled soil moisture in Kenya. *Tropical Medicine and International Health*. 3(10), pp. 818-827.
- Patz, JA. and Reisen, WK., 2001. Immunology, climate change and vector-borne diseases. *Trends in Immunology*. 22, pp. 171-172.
- Perry, BD., Kruska, R., Lessard, P., Norval, RAI. and Kundert, K., 1991. Estimating the distribution and abundance of *Rhipicephalus appendiculatus* in Africa. *Preventive Veterinary Medicine*. 11, pp. 261-268.
- Pope, KO., Sheffner, EJ., Linthicum, KJ., Bailey, CL., Logan, TM. and Kasischke, ES., 1992. Identification of Central Kenyan Rift Valley Virus vector habitats with Landsat TM and evaluation of their flooding status with airborne imaging radar. *Remote Sensing of Environment*. 40(3), pp. 185-196.
- Randolph, SE., 1993. Climate, satellite imagery and the seasonal abundance of the tick *Rhipicephalus appendiculatus* in southern Africa: a new perspective. *Medical and Veterinary Entomology*. 7, pp. 243-258.
- Randolph, SE., 1994. Population dynamics and density dependent seasonal mortality indices of the tick *Rhipicephalus appendiculatus* in eastern and southern Africa. *Medical and Veterinary Entomology*. 8, pp. 351-368.
- Randolph, SE., 1999. Epidemiological uses of a population model for the tick *Rhipicephalus appendiculatus*. *Tropical Medicine and International Health*. 4(9), pp. 34-42.
- Randolph, SE., 2000. Ticks and tick-borne disease systems in space and from space. *Advnces in Parasitology*. 47, pp. 217-243.
- Rejmankova, E., Savage, H., Rejmanek, MH., Roberts, DR. and Arredondo-Jimenez, JL., 1991. Multivariate analysis of relationships between habitats, environmental factors and occurrence of anophelene mosquito larvae (*Anopheles albimanus* and *A. pseudopunctipennis*) in southern Chiapas, Mexico. *Journal of Applied Ecology*. 28, pp. 827-841.
- Rejmankova, E., Savage, H., Rodriguez, MH., Roberts, DR. and Rejmanek, MH., 1992. Aquatic vegetation as a basis for classification of *Anopheles albimanus* Wiedermann (Diptera: Culicidae) larval habitats. *Environmental Entomology*. 21, pp. 598-603.
- Rejmankova, E., Roberts, DR., Pawley, A., Manguin, S. and Polanco, J., 1995. Predictions of adult *Anopheles albimanus*

- densities in villages based on distances to remotely sensed larval habitats. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 53(5), pp. 482-488.
- Rodriguez, AD., Rodríguez, MH., Hernández, JE., Dister, SW., Beck, LR., Rejmánková, E., Roberts, DR., 1996. Landscape surrounding human settlements and malaria mosquito abundance in southern Chiapas, Mexico. *Journal of Medical Entomology*. 33(1), pp. 39-48.
- Rogers, DL., Randolph, SE., Snow and RW., Hay, SI., 2002a. Satellite imagery in the study and forecast of malaria. *Nature*. 415, pp. 710-715.
- Rogers, DJ., Myers, MF., Tucker, CJ., Smith, PF., White, DJ., 2002b. Predicting the distribution of West Nile fever in North America using satellite sensor data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 68, pp. 112-114.
- Rogers, DJ., Wilson, AJ., Hay, SI. and Graham, AJ., 2006. The global distribution of yellow fever and dengue. *Advances in Parasitology*. 62, pp. 181-218.
- Ross, R., 1916. An application of the theory of probabilities to the study of a priori pathometry-I. *Proceeding Royal Society of London*, A92, pp. 204-230.
- Sattler, MA., Mtasiwa, D., Kiama, M., Premji, Z., Tanner, M., Killeen, GF. and Lengeler, C., 2005. Habitat characterization and spatial distribution of Anopheles sp. mosquito larvae in Dar es Salaam (Tanzania) during an extended dry period. *Malaria Journal*. 14(4), 4.
- Sharma, VP., Nagpal, BN., Srivastava, A., Adiga, S. and Manavalan, P., 1996. Estimation of larval production in Sanjay lake and his surrounding ponds in Delhi, India using remote sensing technology. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 27(4), pp. 834-840.
- Srivatsava, A., Nagpal, BN., Saxena, R. and Subbarao, SK., 2001. Predictive habitat modeling for forest malaria vector species An Dirus in India—a GIS based approach. *Current Science*. 80, pp. 1129-1134.
- Sudhakar, S., Srinivas, T., Palit, A., Kar, SK. and Battacharya, SK., 2006. Mapping of risk prone areas of kala-azar (visceral leishmaniasis) in parts of Bihar State India: an RS and GIS approach. *Journal of Vector Borne Diseases*. 43, pp. 115-122.
- Thomson, MC., Connor, SJ., Milligan, PJM. and Flasse, SP., 1996. The ecology of malaria seen by earth-observation satellites. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*. 90, pp. 243-264.
- Thomson, MC., Connor, SJ., Milligan, PJM. and Flasse, SP., 1997. Mapping malaria risk in Africa: what can satellite data contribute? *Parasitology Today*. 13(8), pp. 313-318.
- Wagner, VE., Hill-Rowley, R., Narlock, SA. and Newson, H., 1979. Remote sensing: a rapid and accurate method of data acquisition for a newly formed mosquito control district. *Mosquito News*. 39, pp. 282-287.
- Welch, JB., Olson, JK., Hart, WG., Ingle, SG. and Davis, MR., 1989a. Use of aerial color-infrared photography as a survey technique for Psorophora columbiae oviposition habitats in Texas ricelands. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 5, pp.147-160.
- Welch, JB., Olson, JK., Yates, MM., Benton, AR Jr. and Baker, RD., 1989b. Conceptual model for the use of aerial color-infrared photography by mosquito control districts as a survey technique for Psorophora columbiae oviposition habitats in Texas ricelands. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 5, pp. 369-373.

- Wood, BL., Beck, LR., Hibbard, KA., Salute, J., Sebesta, P. and Washino, R., 1991a. Distinguishing high and low anopheline producing rice fields using remote sensing and GIS technologies. *Preventive Veterinary Medicine*. 11, pp. 269-276.
- Wood, BL., Beck, LR., Washino and RK., Palchick, S., 1991b. Sebesta, Spectral and spatial characteristics of rice field mosquito habitat. *International Journal of Remote Sensing*. 12, pp. 621-626.
- Wood, BL., Beck, LR., Washino, RK., Hibbard, KA. and Salute, JS., 1992. Estimating high mosquito-producing rice fields using spectral and spatial data. *International Journal of Remote Sensing*. 13(15), pp. 2813-2826.

Application of satellite remote sensing for tracking of arthropod vectors of diseases

Hanafi-Bojd, A.A., Ph.D. Assistant Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran- Corresponding Author: aahanafibojd@tums.ac.ir

Vatandoost, H., Ph.D. Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Soltani, M., MSc. Advanced Information and Communication Technology Research Center, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Charrahy, Z., MSc. Department of Education, Jihad-e-Daneshgahi of Tehran University, Tehran, Iran

Nasseh, H., MSc. Department of Rehabilitation Management, School of Rehabilitation, Ahwaz Jundishapour University of Medical Sciences, Ahwaz, Iran

Received: Mar 16, 2012

Accepted: Sep 19, 2012

ABSTRACT

Background and Aim: Arthropod-borne diseases are one of the major causes of human mortality. Since launch of the first meteorological satellites in 1960s, remote sensing has been increasingly implicated in the field of human health research and the data from satellites and their sensors with different spatial and temporal resolutions opened a new field of research in human health for scientists.

Material and Methods: Search engines and national/international scientific databanks were used to search keywords of remote sensing, satellite, tick, mosquito and sand fly and obtained articles were analyzed.

Results: Some ecological indices were used more in remote sensing of arthropod-borne diseases, including NDVI, SST, LST and CCD.

Conclusion: Data of environmental factors such as temperature, relative humidity, land use/ land cover help us to detect the habitats of vectors of diseases regard to their ecology. However, the scope of applications, beyond theoretical large potentialities, appears limited both by their technical nature and the related models developed. The main problem for application of remote sensing in health science and epidemiology of diseases, is the costs of satellite images as well as the availability in the studied times to monitor a specific subject like vector or agent of the disease. Although the majority of health studies and diseases monitoring need to application of high spatial resolution images.

Key Words: Arthropod-borne diseases, Satellite remote sensing, Arthropod vectors of diseases, Disease monitoring