کاربرد بانک اطلاعات GIS در ارزیابی کاربری اراضی

نویسندگان:

Jean-Francois Mas, Alejandro Velazquez, Jose Reyes Diaz-Gallegos,
Rafael Mayorga-Saucedo, Camilo Alcantara, Gerardo Bocco,
Rutilio Castro, Tania Fernandez, Azucena Perez-Vega

برگردان: خسروخواجه

چکیده

اخیراً در کشور مکزیک با استفاده از نقشه‌های رقومی سالهای دهه ۱۹۷۰، ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰ یک بانک اطلاعات سودآوری ایجاد گردید تا میزان و مشخصه‌های فضایی تغییرات کاربری و پوششی زمین (LUCC) در کل کشور پیاده واجرا گردد. برای پیشبرد این منظور ابتدا نقشه موجود کاربری و پوششی زمین که در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ در دسترس بود مورد بازنگری قرار گرفت تا اطلاعات ورودی از نظر مقیاس، طرح طبقه‌بندی و روش تهیه نقشه انتخاب شود. نقشه‌های رقومی تهیه شده در سه تاریخ متفاوت (یعنی اواخر دهۀ ۱۹۷۰، ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰) پس از بازنگری، ارزیابی و تصحیح در یک بانک اطلاعات GIS ادغام شدند. بمنظور بهبود اعتبار بانک اطلاعات، تلاش شد تا دقت روش و رویه رقومی کردن ارزیابی گردد و تغییرات غیر متحمل ناشی از خطاهای موضوعی در نقشه آشکارسازی و تصحیح شود. نقشه‌های رقومی روی هم قرار گرفت تا نقشه‌های LUCC، ماتریسهای عبوری ایجاد شده و میزان تبدیل نیز محاسبه گردد بر اساس این بانک اطلاعات، نرخ جنگل زدایی بین سالهای ۱۹۷۶ و ۲۰۰۰ به ترتیب به میزان ۰/۲۵ و ۰/۷۶ در صد در هر سال برای جنگلهای معتدله و استوایی ارزیابی شده است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات پوششی /کاربری زمین، جنگل‌زدایی، تهیه نقشه، (GIS) ،دقت، مکزیک

۱- پیشگفتار

تغییرات محیط زیستی بیشتر به جنگل زدایی، نابودی تنوع زیستی، گرم شدن جهان (Fearnside,2001) و کاهش خدمات محیطی می‌انجامد (Klooster & Masera,2000;Lambin et al,2001).

مکزیک با وسعتی حدود دومیلیون کیلومتر مربع یکی از پنج کشور غنی از نظر زیست‌شناسی می‌باشد و از آن دسته کشورهایی محسوب می‌شود که در آن گونه‌های زیستی از تنوع بسیار برخوردار می‌باشد. (Groombridge&Jenkins ,2000) با این همه،این کشور هم اکنون دستخوش روند تغییرات سریع کاربری LUCC است. LUCC از این نظر برای تعدادی از موضوعات مهم است که محور و اساس مطالعات تغییرات محیط زیست در جهان را تشکیل می‌دهد. تغییرات ناشی از LUCC پیامدهای مهمی را برای توسعه پایدار دربردارد و به فرایندهایی چون اثر گلخانه‌ای ،نابودی تنوع زیستی و تغییرات منفی در هیدرولوژی منطقه‌ای و چرخه‌های زیست گیاه‌شناسی (فرایند تبدیل نیتروژن و کربن به سایر عناصر غیرآلی یک ناحیه به موادآلی) کمک می‌کند. در اکثر کشورهای استوایی هنوز آمارهای دقیقی درخصوص LUCC،علیرغم اهمیتش در دسترس نمی‌باشد و مطالعات مشروح GIS که بتواند پویایی و دینامیک (LUCC) را بویژه در سطوح علمی بازگو نماید هنوز وجود ندارد. (Ochoa-Gaona&Gonzalez-Espinosa,2000) در مکزیک، برآورد نرخ جنگل زدایی چیزی در حدود ۳۶۵۰۰۰ تابیش از ۱۵۰۰۰۰۰ هکتار در سال است که در میان پژوهشگران و تصمیم گیرندگان سردرگمی فراوانی را پدید آورده است.(FAO, 1997,FAO,2002.Grainger, 1984, (Lichtinger, 2001,SARH,1992 ,SARH,1994

ارزیابی (LUCC) را می‌توان با مقایسه نقشه‌های پوششی و کاربری زمین که در تاریخهای مختلف برداشت شده است انجام داد یا می‌توان با پردازش سنجش از دور تصاویری که در تاریخهای گوناگون برداشت شده‌اند ارزیابی نمود. روشهای پردازش داده‌های سنجش از دور متعددی جهت آشکارسازی تغییرات محیطی ارائه شده است (Singh,1989,Mas,2000) معذالک ،این روشها در هنگام بررسی داده‌هایی که در زمانهای متفاوت سال دریافت شده‌اند معمولاً بخاطر اختلاف در زاویه خورشید، رطوبت خاک و تغییرات فصلی گیاهان نسبت به وارسیون طبیعی حساسیت دارند.

این مسئله در کشورهای استوایی که در آنها پوشش ابر مقدار تصاویر در دسترس سودمند را با محدودیت روبرو می‌سازد، از اهمیت بیشتری برخوردار است. برای مثال ،در کشور مکزیک، مجموعه داده‌های تصویری در تاریخهای مختلف ،نظیر تهیه تصاویر سه نسخه‌ای NALC (North American Landscape Characterization) توصیف و مشخصه چشم‌انداز امریکای شمالی) که شامل تصاویر لندست MSS است که در دهه‌های ۱۹۷۰، ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ دریافت شده‌اند، در یک زمان از سال با هم تطابق و همخوانی ندارند(Mas,1999) بخاطر این اختلاف در تاریخهای دریافت تصاویر، تحلیل تصویر در تاریخهای گوناگون دشوارتر، وقت گیر (کشور مکزیک با بیش از ۱۲۰ تصویر لندست پوشش یافته است) و دقت نتایج نیز می‌تواند بحث‌انگیز باشد.

از اینرو می‌توان مقایسه نقشه‌ای را راه مستقیمی برای ارزیابی تغییرات دانست. اگرچه مشخصه‌های اساسی و ذاتی چون مقیاس ،طرح طبقه بندی، دقت و روشهای تهیه نقشه را باید کامل و دقیق در مدنظر قرارداد. (Petit and Lambin,2001,Comber et al,2003,2003) نقشه‌ها با هم

ثبت شده و در یک بانک اطلاعات(Gis) مجتمع می‌گردند که در آن اختلاف بین دو تاریخ شناسایی و کمیت آن نیز تعیین می‌شود. با این وجود، این روش تغییرات کاذبی را بدلیل مرزبندی‌های متفاوت از یک قطعه تغییر نیافته پدیدمی‌آورد.

این روش همچنین می‌تواند تعداد وسیعی از تغییرات دارای خطا تولیدنماید چراکه خطا در هر تاریخی نشانه کاذبی از تغییر را موجب می‌گردد. چنانچه خطا بطور راندم و تصادفی توزیع شده باشد، احتمالاً نقشه‌ای که با خود تغییرات دارد دقتهایی را از خود نشان می‌دهد که با حاصلضرب دقت هر نقشه یکسان باشد. برای مثال، دو نقشه با ۸۰٪ دقت ممکن است که فقط دارای ۶۴٪ (۰/۸۰×۰/۸۰) میزان طبقه بندی مشترک صحیح باشد.(Singh,1989) در کشور مکزیک چندین تلاش برای تهیه نقشه پوششی و کاربری زمین بعمل آمده است که عمداً از سوی مؤسسه ملی آمار، جغرافیایی و انفورماتیک (INEGI)، سازمان نقشه برداری مکزیک و مؤسسه جغرافیایی دانشگاه ملی مکزیک (UNAM) انجام گرفته است.

هدف از مطالعه حاضر ایجاد یک بانک اطلاعات(Gis) چند تاریخه (مولتی دیت) سراسری برای کشور مکزیک است که توزیع فضایی کاربری و پوشش زمین را شرح و توصیف نماید و همچنین مشخصه و ویژگی این گونه تغییرات زمین را از نظرکمیت و فضایی تعیین کند. این مقاله روشهایی را ارائه می‌کند که برای ارزیابی تغییرات بکار رفته است و اعتبار بانک اطلاعات ،همراه با تحلیل داده‌ها و ارزیابی فرایندهای خاص LUCC چون جنگل زدایی را بهبود می‌بخشد.

۲ - روشها و نقشه‌های دسترس

۲-۱ - ایجاد بانک اطلاعات رقومی چندتاریخی

از نقشه‌های موجود کاربری و پوششی زمین در سطح کشور مکزیک بررسی بعمل آمد تا ورودیهای سازگار از نظر مقیاس، طرح طبقه بندی و روشهای تهیه نقشه انتخاب گردد. در این جهت یک طرح طبقه بندی سازگار با ورودی‌های مختلف نقشه ارائه گردید تا مقایسه بدون ابهام انجام پذیرد. برای ارزیابی و بهبود نقشه‌هایی که در بانک اطلاعات استفاده می‌شد تلاش زیادی بعمل آمد. وقتی کارتوگرافی رقومی از طریق رقومی‌کردن کارتوگرافی آنالوگ بدست آمد، ارزیابی دقت رقومی‌کردن با کمک نقاط معتبرسازی راندم انجام گرفت که در نقشه چاپی ارژینال و در پوشش دیجیتالی شناسایی و تعیین موقعیت شده بودند.

بمنظور آشکارسازی خطاهای موضوعی، نقشه رقومی تاریخهای مختلف رویهم قرارداده شدند تا تغییرات غیرمحتمل (برای مثال، تغییر از ناحیه شهری به جنگل) مشخص گردد که احتمالاً با خطایی در یکی از نقشه‌هایی که در مقایسه بکار رفته همخوانی و مطابقت دارد. وقتی چنین تغییرات مبهمی آشکارسازی گردید، تصاویر ماهواره‌ای در همان تاریخ از نظر دیداری مورد تحلیل قرارمی‌گیرد و در صورت نیاز تصحیح بعمل می‌آید. دو نوع داده‌های حقیقی زمین برای ارزیابی ورودی‌های کاربری‌زمین‌در نظر گرفته می‌شود. اولین مجموعه داده‌ها توسط مؤسسه ملی آمار، جغرافیا و انفورماتیک مکزیک(INEGI) در طی کنترل صحرایی‌اش تولید شده بود و بیش از ۱۰۰۰ مکان(سایت) را دربرمی‌گرفت‌که‌درآنهاشرح‌کاملی‌ازگیاهان بین سالهای ۱۹۶۸ و ۱۹۸۶ بعمل آمده بود. این اطلاعات از نظر گیاهی در طرح طبقه‌بندی تبدیل می‌گردد که بعداً برای شرح و توضیح لژاند و در نهایت برای برچسب زدن کلیه پلیگون‌ها در بانک اطلاعات مرجع بکار برده می‌شود. دومین مجموعه داده‌ها شامل بیش از ۵۰۰ سایت(مکان) معتبرسازی در ایالتهای Oaxaca, Michoacan و Queretaro, Colima, Guerrero, Quintana Roo بود که از بیشترین تنوع و در نتیجه الگوهای پیچیده گیاهی بود. این مجموعه داده‌ها بویژه روی آشکارسازی خطاهای برچسب زدن (Labelling) در داده‌های کاربری و پوشش زمین سال ۲۰۰۰ متمرکز بود.

۲-۲ - ارزیابی LUCC

نقشه‌های رقومی‌که با هم ثبت شده‌اند رویهم قرارمی‌گیرند تا ضمن ایجاد نقشه‌های تغییرات و ماتریسهای تغییرات (گذر) میزان تغییرات نیز محاسبه شود. بمنظور تقلیل تعداد طبقه‌ها و بهبوددقت، مشخصه تغییر با استفاده وسیع‌تر از طبقه‌های کاربری و پوشش زمین چون جنگل استوایی یا زمین کشاورزی انجام گردید. طبقه‌ها به طرق گوناگونی گروه بندی شدند تا فرایندهای گوناگونی نظیر جنگل زدایی، تنزل پوشش طبیعی یا تأثیر مزارع دامداری تقویت گردد.

دو مجموعه داده تولید گردید:(۱) گزارش متداول آماری از نواحی و میزان تغییرات آن نواحی و(۲) ماتریس تغییر(ماتریس عبور) که مشاهده تغییرات طبقه به طبقه و نقشه برداری آنها راگزارش و بیان می‌کند.

وقتی نواحی انواع کاربری زمین برای هر پریودی است، نرخ تغییرات r با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$r = 1-(1- \frac{A_1-A_2}{A_1})^{1/t}$$ معادلهٔ (۱)

در این عبارت A_1 ناحیه‌ای است که در زمان ۱ تحت پوشش و کاربری معینی درآمده است، A_2 ناحیه در زمان ۲ را نشان می‌دهد و(t) تعداد سالها برای پریود تحلیل می‌باشد.

ماتریس عمودی(تغییرات) باکمک خاصیت زنجیر مارکوف(معادله ۲) بدست می‌آید تا نرخهای سالیانه تغییرات (انتقالی) بمنظور نشان دادن روند تغییرات سالیانه ارائه شود.

(Soares-Filho et al,2002,Bell&Hinoja,1977)

$$P^t=HV^t H^{-1}$$ معادلهٔ (۲)

در این معادله p ماتریس تغییر(عبوری)، H,V ماتریسهای بردار ویژه و مقدار آن و t کسری یا ضربی از مدت زمانی آن می‌باشد.

۲-۳ - کارتوگرافی موجودکاربری وپوشش زمین

در مکزیک، کاملترین مجموعه نقشه‌های کاربری و پوششی زمین با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تولید شده است که از نیمی از جزئیات (Semi-detailed) برخوردار می‌باشد و از چهار بانک اطلاعات دیوار به

دیوار تشکیل می‌یابد.

۱ - مؤسسه ملی آمار جغرافیا و انفورماتیک مکزیک(INEGI) در دهه هشتاد یک کارتوگرافی ملی کاربری و پوششی زمین ارائه نمود. عکسبرداری هوایی از ۱۹۶۸ تا ۱۹۸۶ تبدیل گردید و افزون بر آن مقدار چشمگیری کار صحرایی انجام گرفت.(INEGI,1980)میانگین تاریخ عکسهای هوایی که برای تهیه نقشه بکارگرفته شد سال ۱۹۷۶ بود. طرح طبقه بندی بیش از ۳۰۰ مقوله را دربرگرفت که مبانی و اساس آنها را مشخصه‌های شکل و قیافه ،گیاهی و پدیده‌شناسی و میزان توزیع و پراکندگی تشکیل می‌داد.(INEGI,1980)

از این کارتوگرافی ارزیابی دقتی وجودندارد. معذالک،از این کارتوگرافی بصورت گسترده‌ای استفاده شده است و رویهمرفته آنرا نقشه‌ای می‌دانند که از کیفیت خوب برخوردار است. فرمت ارژینال این نقشه‌ها آنالوگ است و دو نسخه دیجیتالی از آن در سطح ملی وجوددارد که با اجرای عملیات دیجیتالی کردن بدست آمده است.

۲ - انستیتو INEGI این نقشه را از طریق تفسیر دیداری تصاویر ترکیب رنگی ۱۹۹۳ لندست TM بهنگام سازی نمود. طرح طبقه بندی حتی پیچیده‌تر از قبل بود چراکه همان طبقات باضافه مشخصه دیگری که وقوع فرایندهای فرسایش را نشان می‌داد مورد بررسی قرارمی‌داد. ارزیابی دقتی از نقشه انجام نگرفت . این داده‌ها در سال ۲۰۰۰ در فرمت دیجیتالی در دسترس عموم قرارگرفت. نسخه بازنگری شده‌ای از آن که در زمان این ارزیابی در دسترس نبود، اخیراً از سوی انستیتو INEGI انتشاریافت .

۳ - مؤسسه جغرافیایی UNAM منابع جنگلی را بین سالهای ۱۹۹۲ و ۱۹۹۴ نقشه برداری نمودکه در اینونتوری جنگل ۱۹۹۴ آمده است.

تصاویر رنگی لندست TM مورد تعبیر و تفسیر بصری قرارگرفت تا اولین کارتوگرافی کاربری و پوششی زمین INEGI بهنگام سازی شده و به روز درآید. بهنگام سازی صرفاً برای نواحی جنگلی انجام گرفت تا نتیجه کار نقشه برداری " هایبریدی" از کار درآید که در آن اطلاعات کارتوگرافی قدیمی و بهنگام سازی با هم ترکیب شده‌اند.(Sorani&Alvarez,1996) طرح طبقه بندی از سازمان FAO اقتباس گردید و بعضی طبقات مثل جنگلهای بسته، باز و پراکنده یا نواحی دارای اختلال در طرح طبقه بندی INEGI از هم ارزی مبهم (ambiguous equivalence) می‌باشند. گزارشی از ارزیابی دقت این بانک اطلاعات وجودندارد.

سرانجام، انستیتو جغرافیایی UNAM در سال ۲۰۰۰ برای گزارش اینونتوری جنگل ۲۰۰۰ خود دست به اجرای نقشه برداری کاربری و پوششی زمین در سطح ملی زد.

بمنظور بهنگام سازی دومین کارتوگرافی کاربری و پوششی زمین انستیتو INEGI از لندست ETM باضافه تصاویر ترکیبی رنگی مورد تعبیر و تفسیر بصری قرارگرفت. برای برازش طرح طبقه بندی هم نسبت به ظرفیتهای داده‌های لندست، تعداد مقوله‌ها با توسل به گروه بندی مجدد طبقات کاربری و پوششی زمین (INEGI) از ۶۴۲ به ۷۵ تقلیل یافت. این کاربر اساس پنج کارگاه پیاده گردید که شامل متخصصین گیاهان اکوسیستم‌های مکزیک و متخصصین تبدیل تصاویر سنجش از دور بودند. بنابراین، اکووالانس (هم ارزی) با طبقه‌ها از INEGI ابهامی را نشان نمی‌دهند.

جدول(۱): طرح طبقه بندی اینونتوری جنگل درسال ۲۰۰۰ (دو سطح اوّل)

سطح یک	سطح دو
زمین کشاورزی	زمین کشاورزی(آبیاری و مرطوب)
	زمین کشاورزی(مبنای سالیانه)
	جنگل کاری
جنگل‌های معتدله	مخروطیان
	مخروطیان وپهن برگ
	پهن برگ
	جنگل‌های کوهستانی پوشیده ازابر
جنگل‌های استوایی	جنگل‌های بارانی دائمی ونیمه دائمی
	جنگل‌های برگ ریزونیمه برگ ریز
خارستان	خارستان خشکی پسند مزکویتال
علفزار	علفزار
گیاهان‌رطوبت‌پسند	گیاهان رطوبت پسند
سایرگونه‌های گیاهی	سایرگونه‌های گیاهی
سایرگونه‌های‌پوششی	اسکان بشری
	مخزن آب

جدول(۲): مقوله‌ها برای دومین وسومین سطح جهت جنگلهای معتدله

سطح دو	سطح سه
مخروطی	جنگل سرو
	جنگل صنوبر
	جنگل کاج
	خارستان مخروطی
	بیشه زارکاج-بلوط
مخروطی- پهن برگ	جنگل کاج - بلوط
پهن برگ	جنگل بلوط
جنگل‌های‌کوهستانی‌پوشیده ازابر	جنگلهای کوهستانی پوشیده از ابر

طرح طبقه بندی شامل فهرست نامها برای ۴ سطح گروه بندی می‌شود. جدول(۱) دو سطح اولی طرح طبقه بندی را نشان می‌دهد. در سطح بعدی، طبقه‌های فرعی از انواع طبقات بالا تهیه می‌گردد.(جدول(۲) برای مثال، نوع" مخروطیان" به چهار گروه تقسیم می‌یابد.

(۱) جنگل کاج،(۲) جنگل صنوبر،(۳) زمین دارای درختچه‌های مخروطی که در آن گیاهان Pinus Culminicola (از خانواده کاج) و Juniperus (از درختان و بته‌های همیشه سبز و خانواده Cypress که چوب خوشبو دارند و روغنی که از کاجهای آنها گرفته می‌شود کاربرد دارویی دارد) و(۴) جنگل

سرو که بیشتر از گیاهان Juniperus است. چهارمین سطح دارای اطلاعات درباره سطح آشفتگی گیاهی است و فقط برای ۲۸ مقوله بکار برده می‌شود. این آخرین سطح پوششهای غالب اولیه (جنگلهای معتدله، جنگلهای استوایی و سایر صور پوشش طبیعی گیاهی) و دومین پوششهای زمینی را مشخص می‌کند که عمداً از پوششهای اولیه اقتباس شده است لیکن بنحو چشمگیری با پوششهایی که توسط انسان انجام گرفته است درآمیخته شده است.

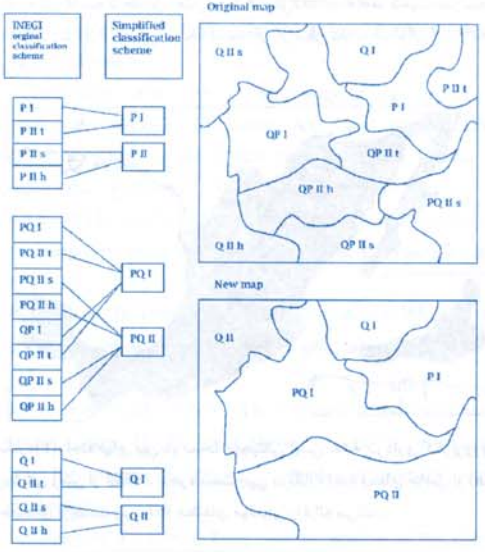
این طرح طبقه بندی سلسله مراتبی قابل انعطاف بوده و امکان کاربرد سطوح مختلف گروه بندی، خواه در مقیاسهای مختلف یا بنابر نیازهای مختلف را فراهم می‌آورد. در هنگام روش بهنگام سازی، قطعه یا پاره‌ای از پلیگون که با ناحیه تغییر یافته همخوانی دارد بار دیگر دیجیتالی نمی‌گردد بلکه مستقیماً از لایه Gis ۱۹۹۳ به لایه ۲۰۰۰ کپی می‌گردد. این روش شبیه روش تفسیر هم وابسته‌ای است که در سال ۱۹۹۶ از سوی سازمان FAO ارائه شده است و در طرح TREES(Achard et al,2000 a,b) که شامل تفسیر اولین تصویر و بعد اصلاح این تفسیر برمبنای تصویر دوم است، بکار رفته است. بنابراین انتظار آن است که به داده‌های سازگار تغییر دست یابیم. نتایج مقدماتی ناشی از ارزیابی دقتی که هم اکنون در جریان است دقتی را با بیش از ۷۰٪ برای بیشتر کاتگوریها در شمال کشور مکزیک و ۹۵٪ دقت کلی را در Colima ایالت کوچکی در بخش غرب مرکزی مکزیک نشان می‌دهد. هر دو ارزیابی دقت با استفاده از سومین سطح گروه بندی طرح طبقه بندی (جدول(۲)) به اجرا درآمده است. جزئیات بیشتر در این مورد را می‌توان در Mas et al.(2002,2003),Valazques et al.(2001) بدست آورد.

۳ - نتایج

۳-۱ - ایجادبانک اطلاعات دیجیتالی مولتی دیت(چندتاریخی)

داده‌ها از اینونتوری ملی جنگل ۱۹۹۴ کنار گذاشته شد زیرا(الف) طرح طبقه بندی فرق دارد و اکوالانس طبقه در اغلب مواقع از ابهام برخوردار بود و(ب) بهنگام سازی گزارش ۱۹۹۴ برای تمام کشور مکزیک پیاده نشده بود. آنگاه، بانک اطلاعات مولتی دیت (در چند تاریخ) از دو نقشه کاربری و پوششی زمین INEGI (در تاریخهای ۱۹۷۶ و ۱۹۹۳) و نیز از کارتوگرافی اینونتوری جنگل سال ۲۰۰۰ ایجادگردید. از آنجاکه کارتوگرافی سراسری دارای ۱۲۱ نقشه می‌باشد لذا نقشه‌های هر تاریخ بهم ملحق شدند و روی سیستم تصویر هم مساحت آلبرز (Albers) بمنظور بسط سه پوشش برداری (وکتور) قرار گرفتند. نقشه‌های دیجیتالی از INEGI برای طرح طبقه بندی اینونتوری جنگل ۲۰۰۰ با گروه‌بندی بین طبقه‌های INEGI در طبقه‌های مناسبشان اقتباس گردیده و پلیگونها از میان می‌روند.(نگاره(۱))

از آنجاکه نقشه دوم INEGI واینونتوری ملی جنگلی ۲۰۰۰ بهنگام سازی متوالی اولین نقشه INEGI می‌باشد لذا می‌توان بین بانکهای اطلاعات مختلف قابلیت سازگاری بیشتری را انتظارداشت. با این وجود، بخاطر فاکتورهای مختلف چون خطاها در فرایند دیجیتالی کردن و تصحیح خطاهای برچسب(Label) از یک نسخه به نسخه دیگر (و نه صرفاً بهنگام سازی بانک اطلاعات ۱۰۰٪ دقیق) ممکن است ناهمخوانی پدیدآید. بنابراین، تلاش‌های متعددی بعمل آمده است تا کیفیت لایه‌های بانک اطلاعات در چند تاریخ ارزیابی شده و بهبود یابد.



نگاره(۱): انطباق طرح طبقه بندی ونقشه‌ها از INEGI برای مقوله‌های اینونتوری ملی جنگل درسال ۲۰۰۰

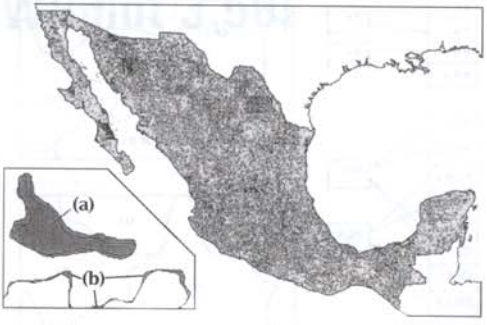
بمنظور آشکارسازی خطاها در طی فرایند دیجیتالی کردن اولین نقشه از INEGI، هر دو نسخه که قرار است دقیقاً اطلاعات مکانی را نشان دهند، با هم مقایسه می‌شوند. برای اجرای این مقایسه، هر دو نقشه راستری شده و اورلی می‌شوند تا یک تصویر از تصویر دیگر تفریق یابد و اختلافات بین آن دو نقشه مورد بررسی قرارگیرند.

اختلاف حاصل بین هر دو نقشه را باید ناشی از خطاهای برچسب زنی(Labelling) و خطاهای وضعیت محدوده‌های پلیگونها دانست که ۱۲/۷٪ تمامی کشور مکزیک را تحت تأثیر قرارمی‌دهد. (نگاره(۲)) پلیگونهایی که با خطاهای برچسب زنی(Labelling) مطابقت می‌کنند، ۶۶٪ از کل خطای ناحیه را نشان می‌دهد. پلیگونهای مزبور با نقشه‌های آنالوگ ارژینال مقابله می‌گردند و برچسب‌ها(Labels) تصحیح می‌شوند.

بعنوان قدم بعدی، از بانک اطلاعات تصحیح شده یک ارزیابی دقت دیجیتالی کردن با استفاده از ۱۰۰ نقطه تقاطع از شبکه نقشه UTM را بعنوان نقاط درستی سنجی انتخاب می‌گردد. این ارزیابی هم خطاهای برچسب زنی (Labelling) و هم خطاهای تعیین موقعیت را مدنظر می‌گیرد. چراکه ناسازگاری بین نقشه‌های آنالوگ و دیجیتالی می‌توانند به دلیل خطاهای برچسب زنی یا خطاهای موقعیت باشد. (نگاره(۳)) این تحلیل و آنالیز دقت

۹۵٪ را نشان می‌دهد. اختلافاتی که بین نقشه‌های ارژینال و دیجیتالی شده مشاهده می‌شود ناشی از خطاهای موقعیتی کمتر از ۱ میلیمتر (یعنی ۲۵۰ متر در زمین) است.

با این حال، لازم به تذکر است که این دقت موضوعی نقشه (برای مثال ،نقشه در مقایسه با حقایق زمین) را نشان نمی‌دهد بلکه فقط کیفیت فرایند دیجیتالی کردن (" خوبی "نسخه دیجیتالی از نظر نقشه آنالوگی) را ارائه می‌کند.



نگاره(۲): اختلافهای بین دو نسخهٔ دیجیتالی اولین نقشه برداری کاربری و پوششی زمین از INEGI. پنجره سمت چپی درنگاره اختلاف‌های حاصل از (a) خطاهای برچسب زنی و(b) خطاهای موقعیتی را ارائه می‌کند.

بالاخره ،نقشه‌ها اورلی شدند تا تغییر غیرمحتمل ناشی از خطاهای برچسب (Label) آشکار گردد. تغییرات غیرمحتمل و بعید بین نقشه‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰ حدود ۰/۶٪ از کشور را نشان می‌دهد. فقط تغییر بعید و غیرمحتمل که با بیش از پلیگونهای ۳ هکتاری (3ha) مطابقت داشتند در تصاویر ماهواره‌ای مقابله و تصحیح گردید. این فرایند برای پریود ۲۰۰۰-۱۹۷۶ انجام نگرفت زیرا احتمال داشت که تغییرات در طی یک پریود ۲۴ ساله انجام گرفته باشد.

۲-۳ - ارزیابی LUCC

نقشه‌های دیجیتالی اورلی شدند تا دو نقشه تغییر بدست آید که تغییرات حاصله را در طی دو دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹۷۶ و ۲۰۰۰-۱۹۹۳ نشان می‌داد.

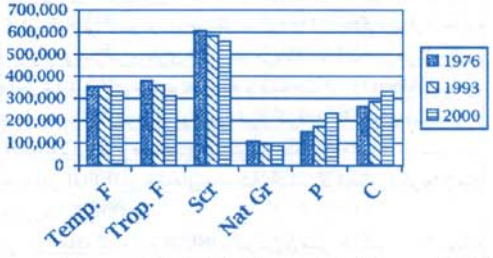
تولید آمارهای ناحیه‌ای و ماتریسهای تغییر بوسیله گروه بندی طبقات، تجمع پلیگونها و جمع بندی نواحی به طرق مختلف انجام گردید تا مشخصه فرایندهای مختلف LUCC چون جنگل زدایی(تبدیل از جنگل به پوششهای غیرجنگلی)، اختلال(تبدیل از پوششهای اولیه به پوششهای ثانویه) ،تبدیل از پوششهای طبیعی به پوششهای مصنوعی و تغییرات ناشی از توسعه مزارع دامداری (تبدیل پوششهای طبیعی به مراتع جهت تهیه علوفه دام) تعیین گردد.

این تغییرات از سطوح کلی‌تر(غیردقیق) طرح طبقه بندی استخراج شده است که از دقت بیشتر برخوردارند.

فقط نتایج مربوط به جنگل زدایی در اینجا ارائه شده است. آنالیز هم برمبنای طبقه بندی ساده‌ای قراردارد که شامل(a) چهار طبقه جنگل (جنگل استوایی اولیه، جنگل استوایی ثانویه، جنگل معتدله اولیه، جنگل معتدله ثانویه)، (b) بوته زار(c) پوشش مصنوعی (که شامل مراتع، زمین کشاورزی و اسکان بشری) و(d) سایر پوشش (که عمداً باگیاهان آبزی، علفزار طبیعی و نواحی بدون گیاه نشان داده شده است). نگاره(۴) کاهش چشمگیری از نواحی جنگلی و افزایشی از زمین‌های کشاورزی و مراتع را درطی هر دوره(پریود) را نشان می‌دهد.

بین سالهای ۱۹۷۶ و ۲۰۰۰ بیش از ۲۰۰۰۰ کیلومترمربع جنگل معتدلی، ۶۰۰۰۰ کیلومترمربع جنگل استوایی و ۴۵۰۰۰ کیلومترمربع بوته زار نابود شده است که این جنگل زدایی بطور متوسط سالیانه ۹۰۰۰۰، ۲۶۵۰۰۰ و ۱۹۵۰۰۰ هکتار بوده و نرخ جنگل زدایی به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۷۶، ۰/۳۳ درصد در سال می‌باشد.

نگاره (۳):ارزیابی دقت دیجیتالی کردن. برچسبی (label) که با انتخاب راندم تقاطع شبکه UTM همخوانی دارد در نقشه (a)آنالوگی و(b) دیجیتالی شناسایی شدند.این نگاره اختلاف بین هردونقشه رانشان می‌دهدکه ناشی از یک خطای موقعیتی محدوده پلیگون است.



نگاره(۴): وسعت (به کیلومترمربع) انواع اصلی کاربری وپوششی زمین درسالهای ۱۹۷۶،۱۹۹۳، ۲۰۰۰. Temp.F: جنگل معتدله، Trop F: جنگل استوایی، Scr: بوته زار، Nat Gr: علفزارطبیعی، P: مراتع و C: زمین کشاورزی.

جدول(۳): ماتریس عبوری برحسب کیلومترمربع واحتمال تغییر و دگرگونی (اعداد بین پرانتز برحسب درصد بیان شده است) برای پریود ۱۹۷۶ و ۲۰۰۰.

	۲۰۰۰							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	مجموع
۱۹۷۶ ۱.جنگل معتدله‌اولیه	۱۸۱۶۰۳(۶۰)	۷۹۰۹۵(۲۶)	۴۰۳۳(۱)	۳۳۸۳(۱)	۲۵۸۰(۱)	۳۲۲۵(۱)	۲۹۱۶۸(۱۰)	۳۰۳۰۸۷
۲.جنگل معتدله ثانویه	۷۹۴۲(۱۶)	۲۸۵۶۵(۵۸)	۵۰۵(۱)	۸۲۱(۲)	۵۱۲(۱)	۵۹۸(۱)	۱۰۰۱۲(۲۰)	۴۸۹۵۴
۳.جنگل استوایی اولیه	۳۸۷۸(۲)	۱۹۵۰(۱)	۱۵۵۳۳۱(۶۰)	۴۹۸۲۸(۱۹)	۱۴۰۲(۱)	۱۸۹۲(۱)	۴۳۲۱۷(۱۷)	۲۵۷۴۹۹
۴.جنگل استوایی ثانویه	۱۴۰۵(۱)	۱۴۰۲(۱)	۱۴۳۳۹(۱۲)	۵۹۹۰۵(۵۰)	۴۷۵(ns)	۵۱۰(ns)	۴۲۰۵۴(۳۵)	۱۲۰۰۹۱
۵.خارستان	۳۹۱۳(۱)	۱۶۶۲(ns)	۱۳۹۷(ns)	۸۲۹(ns)	۵۳۲۵۲۴(۸۸)	۱۲۹۵۱(۲)	۵۲۱۸۳(۹)	۶۰۷۴۵۹
۶.سایرپوشش‌های‌گیاهی	۲۱۶۸(۱)	۱۵۹۰(۱)	۱۴۸۰(۱)	۷۲۸(ns)	۱۲۹۱۰(۷)	۱۳۷۳۵۱(۷۶)	۲۴۷۸۶(۱۴)	۱۸۱۰۳۵
۷.پوشش مصنوعی	۸۳۰۸(۲)	۷۷۴۸(۲)	۶۵۲۷(۲)	۱۵۲۰۶(۴)	۱۰۳۷۴(۳)	۷۹۵۱(۲)	۳۵۸۲۲۷(۸۶)	۴۱۴۳۴۱
مجموع	۲۰۹۲۱۷	۱۲۲۰۱۲	۱۸۳۶۱۲	۱۳۰۷۲۱	۵۶۰۷۷۸	۱۶۶۴۷۹	۵۵۹۶۴۶	۱۹۳۲۴۶۵

ناچیزاست:ns

جدول (۴): ماتریس عبوری که برحسب کیلومترمربع و بعنوان احتمال دگرگونی (اعداد بین پرانتزها درصد می‌باشند) برای پریود ۲۰۰۰-۱۹۹۳ آمده است.

	۲۰۰۰							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	مجموع
۱۹۹۳ ۱.جنگل معتدله اولیه	۱۹۸۶۴۰(۷۴)	۵۱۵۶۴(۱۹)	۳(ns)	۲۲(ns)		۲۲(ns)	۱۸۲۴۷(۷)	۲۶۸۴۹۹
۲.جنگل معتدله ثانویه	۵۹۶۰(۷)	۷۰۷۰۰(۸۴)	۳(ns)	۳۶(ns)		۷(ns)	۷۷۶۴(۹)	۸۴۲۷۰
۳.جنگل استوایی اولیه			۱۵۹۷۶۸(۷۴)	۳۷۷۹۶(۱۸)		۳۹(ns)	۱۸۱۰۹(۸)	۲۱۵۷۱۳
۴.جنگل استوایی ثانویه			۱۶۱۹۱(۱۲)	۸۹۳۱۳(۶۴)		۸۴(ns)	۳۴۹۲۸(۲۵)	۱۴۰۵۱۶
۵.خارستان					۵۵۱۴۰۶	۱۹۷۲(ns)	۲۵۴۶۳(۴)	۵۷۸۸۴۱
۶.سایرپوشش‌های‌گیاهی					۸۱۱(ns)	۱۶۶۹۹۲(۹۰)	۱۶۷۷۰(۹)	۱۸۴۵۷۳
۷.پوشش مصنوعی	۸۲۵(ns)	۷۸۲(ns)	۹۵۴(ns)	۳۹۱۴(۱)	۵۸۶۰(۱)	۱۱۴۸(ns)	۵۴۲۳۳۲(۹۷)	۴۶۵۷۱۵
مجموع	۲۰۵۴۲۵	۱۲۳۰۴۶	۱۷۶۹۲۱	۱۳۱۰۸۰	۵۵۸۰۷۷	۱۷۰۲۶۴	۵۷۳۵۱۳	۱۹۳۸۳۲۶

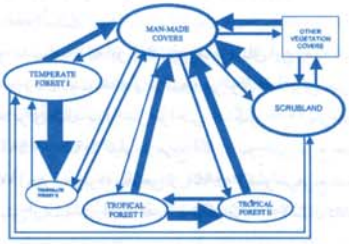
ناچیزاست:ns

جداول (۳و۴) به ترتیب ماتریس تغییرات را برای ۲۰۰۰-۱۹۷۶که برحسب ناحیه و احتمال تغییر بیان شده است، نشان می‌دهد.(تفسیر نسبت تغییر پوشش معینی به پوشش دیگر بعنوان احتمال تغییر آینده چنانچه روند تغییر ثابت بماند) کل ناحیه تغییر اندکی(۰/۳٪) از یک ماتریس به ماتریس دیگر را نشان می‌دهد زیرا خط ساحلی نقشه‌های دیجیتالی مختلف موردنیاز در مقایسه اختلاف اندکی را نشان می‌دهد. ارزیابی تغییر برمبنای ناحیه مشترکی بین دو بانک اطلاعات استوار است که برای تقویت تغییرات پوششی بکار رفته است. پویایی تغییر در میان مشخصه‌های ناحیه‌ای با مبادله سودوزیان در میان طبقه‌های کاربری و پوششی نشان داده شده است که روند زیر را ارائه می‌کند.(نگاره(۵)

○ نواحی وسیعی از جنگل و بوته‌زارها به پوششهای مصنوعی (عمداً زمین کشاورزی و مرتع) تبدیل شده‌اند.

○مقدار اندکی از نواحی مصنوعی دوباره به جنگل یا سایر پوشش گیاهی (عمداً بوته زار) تبدیل شدند.

این روند،که همراه با بحران روستانشینی و مهاجرت روستائیان به امریکا یا به قطبهای اقتصادی نوین بود، در سایر نواحی دیگر هم به اثبات رسیده است.(Sah&Shimizu,1998,Collier el.,1994,Dunjo et al.,2003,Lopez et al.,2001,Garc la de Fuentes&Morales 2000



نگاره (۵):مبادله بیش از ۱۰۰۰۰ کیلومترمربع برای مکزیک درطی پریود ۲۰۰۰-۱۹۷۶. (I پوشش اولیه و II پوشش ثانویه‌ر انشان‌می‌دهد).اندازه‌های فلشها وبیضی‌ها به ترتیب باناحیه تغییروناحیه پوشش تناسب دارند.

○ نواحی وسیعی از هر دو جنگل معتدله و استوایی تحت فرایند اختلال قرار گرفته و تبدیل به جنگل ثانویه شدند. نقشه جنگل زدایی (نگاره(۶)) فرایندهای جنگل زدایی الگوی فضایی تجمعی را نشان می‌دهد (یعنی ناحیه جنگل زدایی در روی ناحیه خاصی تمرکز یافته است). چند ایالت (Chiapas,Yucatan,Nuevo Leon,Tamaulipas) بیشترین ناحیه جنگل زدایی را نشان می‌دهد.

نگاره(۶): نقشه جنگل زدایی(۲۰۰۰-۱۹۷۶). نواحی پاکسازی به رنگ قرمزسایه زده شده است. پوششهای دیگر عمداً مرتع و زمین‌کشاورزی‌است.

بنا به دو ماتریس عبوری(۲۰۰۰-۱۹۷۶، ۲۰۰۰-۱۹۹۳) که از طریق معادله(۲) آنالیز شده، نواحی طبقه‌های مختلف کاربری و پوششی زمین از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ محاسبه شده است.(نگاره(۷)) هر دو پروژه کاهش مهمی از بوته زار و جنگلهای اولیه و افزایش شگرف پوششهای مصنوعی را نشان می‌دهد.

سناریوی دوم (روند ۲۰۲۰-۲۰۰۰ با روند ۲۰۰۰-۱۹۹۳ یکسان است) همچنین کاهش نواحی جنگل استوایی ثانویه را نشان می‌دهد. روندهای استخراجی از ماتریس ۲۰۰۰-۱۹۷۶ را می‌توان محافظه کارانه دانست درحالی که ماتریسهای استخراجی از پریود ۲۰۰۰-۱۹۹۳ ممکن است افزایش از بین رفتن پوشش طبیعی و پوششهای مصنوعی را بیش از واقعیت برآورد نماید.(بدلیل فزون برآوردن تغییر در طی پریود ۲۰۰۰-۱۹۹۳ که در زیر بحث شده است).

لازم به تذکر است که این پیش بینی‌ها برمبنای این زمینه است که نرخ تغییر در طی زمان ثابت بماند و درنتیجه می‌توان فقط پیش بینی کوتاه مدت بدست داد. برای مثال، پیش بینی نواحی جنگلی ۲۰۰۰ براساس برآورد مساحت ۱۹۹۳(۷۰۹۲۰۰کیلومترمربع) که از نواحی نرخ جنگل زدایی ۱۹۹۳-۱۹۷۶ بهره می‌برد، سطحی از ۷۰۰۹۵۰ کیلومترمربع بدست می‌دهد که ۸/۶٪ بیش از مساحتی است که با کارتوگرافی ۲۰۰۰ نشان داده شده است.

۴ - بحث ونتیجه گیری

مسئله اصلی و محوری قابلیت اطمینان نقشه‌های تغییر است که بشدت برآوردهای استخراجی از آنها را تحت تأثیر قرارمی‌دهد.

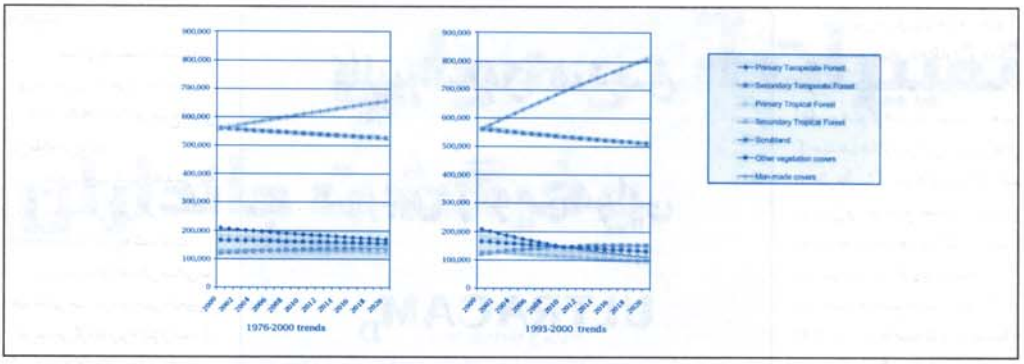
براساس مطالعات ما می‌توان مشخصه LUCC و نرخهای جنگل زدایی برای پریود ۲۰۰۰-۱۹۷۶ را مطمئن‌ترین داده‌های ناشی از جنبه‌های زیر دانست:

○ کارتوگرافی ۱۹۹۳ با استفاده از یک ترکیب رنگی که در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ چاپ شده بود و مبتنی بر یک ترکیب باند طیفی (۲و۳و۴ TM) بود و از یک طرح طبقه بندی بسیار پیچیده برای تمام کشور استفاده می‌کرد، تولیدشد. این منابع اطلاعات برای انجام بهنگام سازی معتبر و قابل اطمینان کافی نبود. نتیجه این است که بخش چشمگیری از اطلاعات که با بانک اطلاعات ۱۹۹۳ تطابق داشت در واقع از تلاش قبلی کارتوگرافی استخراج گردید. بنابراین، نرخهای تبدیل در طی پریود ۲۰۰۰-۱۹۹۳ بیش از واقعیت تخمین و برآورد شده است. INEGI روی نسخه بازنگری شده کارتوگرافی ۱۹۹۳ مشغول کار است و این نقشه با نقشه‌ای که در دسترس ما قرار گرفته است متفاوت می‌باشد. با این حال، داده‌ها تاکنون در دسترس نمی‌باشد و لذا مقایسه دقیقی بین نقشه‌های بازنگری شده و بازنگری نشده تاکنون امکان ندارد.

○ ارزیابی کارتوگرافی از اینونتوری ملی جنگل نشان می‌دهد که دقت طبقات بیش از ۷۰٪ در لول تفصیلی‌تر طرح طبقه بندی است.(Mas et al.,2002) از آن‌جاکه اکثر اختلال و آشفتگی بین طبقاتی بود که به یک طبقه در یک لول غیردقیق تعلق داشت لذا در لول هایی که در پژوهش کنونی استفاده کردیم بیش از ۹۵-۹۰٪ بود. کارتوگرافی INEGI (۱۹۷۶) برای ارزیابی دقت ارائه نشده، ولی بهرحال انتظارمی‌رود که دقت آن بالا باشد چراکه این نقشه از عکسهای هوایی و همچنین از کنترل نقاط زمینی(یعنی بیش از ۱۰۰۰۰ نقاط زمینی) تولید شده است.

○ تغییرات کاذب ناشی از خطاها در بانک اطلاعات(برای مثال، عدم دقت دیجیتالی کردن یا خطاهای برچسب زنی(Labelling)) از پریود زمانی بین نقشه‌ها که در مقایسه لازم است، مستقل می‌باشد. بنابراین انتظارمی‌رود که ارزیابی مبتنی بر پریود وسیعتری مطمئن‌تر باشد زیراکه نسبت نسبی اختلال (نویز) ناشی از این خطاها اهمیت کمتری دارند وقتی تغییرات واقعی افزایش می‌یابند.

ارزیابی دقت این بانک اطلاعات چندتاریخی(مولتی دیت) محور و اساس این پژوهش بوده و لذا برای ارزیابی دقت بانک اطلاعات ۲۰۰۰ به عکس هوایی دیجیتالی با وضوح بالا نیاز می‌باشد. نقشه برداری هوایی شامل یک شبکه با دو مجموعه عمودی از خطوط پروازی(با فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر) است که سراسر کشور را از پهلو به پهلو پوشش می‌دهد. (Mas et al,۲۰۰۲) ارزیابی دقت پریود ۲۰۰۰-۱۹۷۶ را می‌توان با استفاده از عکسها وعکسهای همان سایتی که توسط INEGI در اولین کارتوگرافی بکار رفته است، انجام داد. از طرف دیگر، ارزیابی پریودی که ۱۹۹۳ دربرمی‌گرفت امکان نداشت و علت این امر آن بود که برای این تاریخ عکسبرداری هوایی در سطح کشور انجام نگرفته بود. همانطورکه عکسهای ۲۰۰۰ در امتداد خطوط پروازی جمع آوری می‌شد، طراحی را نمی‌شد که بعنوان یک نمونه احتمالی از سراسر کشور طبقه بندی نمود.با این حال، وقتی خطوط پروازی در یک روش سیستماتیک توزیع شده است لذا خطای سیستمی(bias) معرفی نشد، فرض اینکه جمعیت(خطوط) کاهش یافته



نگاره(۷): پیش بینی نواحی طبقات کاربری وپوششی زمین(۲۰۲۰-۲۰۰۰)که از مشاهده روندبرای پریودهای ۲۰۰۰-۱۹۷۶ و۲۰۰۰-۱۹۹۳ استخراج گردیده است .

بیانگر جمعیت کامل (تمامی کشور) است مورد قبول می‌باشد.(Stehman and Czaplewski 1998,Stehman,2001) این کار اولین بانک اطلاعات چندتاریخی(مولتی date) تولید نمود که امکان انجام توصیف و ویژگی نهایی صریح فضایی LUCC در مکزیک را بدست می‌داد. این کار در اثر تلاشهای نقشه برداری INEGI امکان‌پذیر شد که در طی دهه‌های پیشین از معیارهای همگن و یکدست استفاده نمودند. با این وجود، چنین داده‌هایی در بسیاری از کشورها،علی‌الخصوص در کشورهای درحال توسعه که در آنها LUCC چشمگیری درحال وقوع است و نیاز به ارائه رویکردهای دیگری که LUCC ارزیابی گردد، وجودندارد. یکی از این رویکردها می‌تواند مقایسه بین نقشه‌های " تاریخی" و تصاویر دیجیتالی طبقه بندی شده باشد، هرچند روشهای گوناگون تولید می‌توانند آنالیز را بیشتر تحت تأثیر خود قراردهند. نرخ جنگل زدایی در کشور مکزیک (با توجه به هر دو جنگل معتدله و استوایی) به ترتیب ۱/۳٪ در سال برای ۲۰۰۰-۱۹۷۶ و۲۰۰۰-۱۹۹۳ می‌باشد. اگرچه این نرخ احتمالاً همانطورکه در بالا بحث گردید، بیش از حد برآورد شده است .اما مقایسه‌ای از این نتایج با ارزیابیهایی که در سایر کشورهای درحال توسعه (۲۰۰۲)FAO انجام گرفته است نشان می‌دهد که کشور مکزیک دستخوش سریع تغییر کاربری و پوششی زمین است و جنگل زدایی در این کشور از نرخ بالایی برخوردارمی‌باشد.(جدول(۵))

این بانک اطلاعات کاربردهای متعددی دارد و هر یک از دولتهای ایالتی که مسئولیت برنامه ریزی کاربری زمین در سرزمین خودش را بعهده دارد، برای تحقق این برنامه ریزی نیاز به ارزیابی LUCC در ایالت خودش دارد. ازینرو، کاربرد بانک اطلاعات کنونی در چنین ارزیابی سودمند می‌باشد. وانگهی ،این بانک اطلاعات می‌تواند با پس خور از هر ایالتی بهبود یابد. سایر کاربردهای جاری عبارتنداز: (a) شناسایی نقاط حاد و شدید که حفظ دگرگونی زیستی(biodiversity) حوزه جنگل زدایی و نواحی LUCC سریع دربرمی‌گیرد،(b) ارزیابی تأثیر نواحی طبیعی حفاظت شده از نظر جلوگیری تنزل و بازیابی پوششهای طبیعی(c) و توصیف و ویژگی نمایی فروپاشی و نابودی زیستگاهها، (d) مطالعه رابطه بین جنگل زدایی، محیط زیست و عوامل اقتصادی و اجتماعی و(e) مدل سازی فضایی از فرایندهای جنگل زدایی .

جدول(۵): تخمینهای جنگل زدایی دربرخی از کشورهای درحال توسعه(۲۰۰۰-۱۹۹۰)

کشور	نرخ جنگل زدایی(٪درسال)
بلیز	۲/۳
برزیل	۰/۴
گواتمالا	۱/۷
مکزیک	۱/۱
ونزوئلا	۰/۴
اندونزی	۱/۲
مالزی	۱/۲
نپال	۱/۸
کامرون	۰/۹
جمهوری افریقایی مرکزی	۰/۱
ماداگاسکار	۰/۹

منبع: FAO(2002)

مطالعات آینده‌ای که می‌توان با استفاده از این بانک اطلاعات به آنها دست یافت عبارتنداز: ارزیابی LUCC در روی دگرگونی زیستی(biodiversity) و تخمین مقدار پخش CO_2 و نیز شناسایی نواحی بحرانی بمنظور گسترش انگیزه‌های مالی برای حفاظت خدمات اکوسیستم. کلیه کاربردهای مزبور به دلیل مشخصه و ماهیت فضایی آشکار بانکهای اطلاعات کنونی امکان‌پذیر و عملی می‌باشد.