

## بررسی روند تغییرات چند پارامتر هواشناسی در محدوده آب و هوای خزری

ابوالفضل مساعدی

دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

محمدابراهیم زنگانه

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

حمید بشیری

دانشجوی کارشناسی مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

### چکیده

موضوع تغییر اقلیم و مشکلات ناشی از آن از بحران‌های اساسی مدیریت منابع آب می‌باشد. بر اساس تحقیقات موجود، شواهدی از تغییر اقلیم و یا نوسانات شدید در مناطق مختلف کشور گزارش شده است. مطالعه حاضر با هدف بررسی روند تغییرات پارامتر هواشناسی متوسط دما، مجموع بارندگی و میانگین رطوبت نسبی به صورت ماهانه و در شهرهای گرگان، بابلسر و بندرانزلی صورت گرفته است. همچنین از آزمون‌های آماری نقاط عطف، رگرسیون خطی و دستور trend در نرم-افزار Minitab برای بررسی روند متغیرهای هواشناسی از سال ۱۹۵۲ تا ۲۰۰۳ استفاده گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که در هر سه ایستگاه پارامتر مجموع بارندگی ماهانه، دارای بیشترین تغییرات می‌باشد و پارامترهای میانگین رطوبت نسبی و متوسط دمای ماهانه در رتبه بعدی قرار می‌گیرند. به طور کلی نیز می‌توان گفت: مجموع بارندگی ماهانه در هر سه ایستگاه دارای روند کاهشی، پارامتر رطوبت نسبی برای شهرگرگان دارای روند افزایشی، بابلسر روند کاهشی و در انزلی فاقد روند می‌باشد. همچنین پارامتر متوسط دمای ماهانه در تمامی ایستگاه‌ها فاقد روند می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان‌دهنده تغییرات جزئی آب و هوای شمال کشور می‌باشد. همچنین این تغییرات می‌بایستی در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب منطقه به طور جدی در نظر گرفته شوند.

کلمات کلیدی: روند، تغییر اقلیم، آزمون نقاط عطف، رگرسیون خطی، Minitab

## مقدمه

یک جنبه‌ی مهم اقلیم تغییرات اقلیمی است. تغییرات اقلیمی مبحث پیچیده‌ای است که به‌سادگی نمی‌توان آن‌ها را تعریف نمود. وقوع پدیده‌هایی از قبیل افزایش یا کاهش ناگهانی دما، بارندگی و غیره طی یک یا چند سال را می‌توان دلیلی بر تغییر اقلیم آن منطقه دانست. برای مثال در قرن بیستم در قسمتی از مناطق کره زمین پدیده خشکسالی شدید اتفاق افتاده که تحمل کردن آن سخت بود. این تغییرات ناشی از تغییرات آب و هوایی در چند دهه بوده است [۱].

تغییرات دارای روند یا احتمالاتی اقلیم در طول تاریخ همواره وجود داشته است. مثلاً در ۱۵۰۰ سال گذشته چندین بار روند سرد و گرم شدن داشته و این روندها آثار عمده‌ای بر انسان گذاشته است. بر اساس مدارک ۱۰۰ ساله روشن است که میانگین دمای سالانه‌ی کره‌ی زمین حدود ۰/۵ تا ۰/۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. اگر از اطلاعات قبل بتوان رفتار آتی یک سری زمانی را به‌طور دقیق پیش‌بینی کرد، آن را می‌توان به صورت یک دستگاه معین جبری در نظر گرفت، در این حالت با حداکثر اطلاعات قبلی می‌توان صورت احتمالی رفتار آتی سری زمانی را معین کرد [۲].

مدل‌های اتمسفریک پیش‌بینی نموده‌اند که چهره سیاره ما به طور بی‌سابقه‌ای تحت تاثیر تغییر اقلیم واقع خواهد شد [۳]. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای سبب تسریع چرخه آب شناسی و افزایش منابع آب قابل دسترس در جو شده که آشفته‌گی‌های اقلیمی را با افزایش تعداد روزهای بارش‌های سنگین به همراه خواهد داشت [۴].

امروزه پذیرفته شده که هر تغییر در سیستم اقلیمی برای مدیریت منابع آب و منابع طبیعی مهم است. سیکل هیدرولوژیکی در اثر تغییر اقلیم و افزایش درجه حرارت تغییر می‌نماید، که نتیجه آن افزایش شدت بارندگی و رواناب حاصل از آن و افزایش نیاز رطوبتی خاک می‌باشد. بعلاوه تغییراتی که توسط انسان در محیط اطراف در سطح جهانی انجام می‌شود، نیز روی سیکل جهانی هیدرولوژیکی تاثیر متقابل خواهد داشت [۵ و ۶].

حداقل بیش از سه دهه است که موضوع تغییر اقلیم در سطح بین‌المللی و نخستین بار در کنفرانس آب و هوا در سال ۱۹۷۹، مطرح شده است.

تاثیر تغییر اقلیم بر روی منابع آب موضوعی جدی است که باعث دغدغه خاطر دست‌اندرکاران در سطح ملی و بین‌المللی شده است. حتی اگر همین امروز انتشار گازهای گلخانه‌ای متوقف شود، افزایش دما و تاثیرات وابسته شامل خشکسالی‌ها و طغیان رودخانه‌ها برای چند دهه آینده ادامه خواهد یافت. در دهه‌های اخیر شدیدترین پدیده‌های بارندگی رخ داده است و بخش‌هایی از جهان شاهد شدت یافتن پدیده‌هایی نظیر سیلاب‌های شدید، خشکسالی‌ها و امواج گرما بوده است. تغییرات در بارش همراه با افزایش دما و کاهش پوشش برف بر کیفیت و کمیت آب تاثیر می‌گذارد و این پدیده مدیران آب را مجبور می‌سازد تا تغییر اقلیم را در برنامه‌هایشان مورد توجه قرار دهند. تغییر در اقلیم می‌تواند منجر به تغییر در چرخه هیدرولوژیکی آب شود و شرایط ویژه‌ای را در منابع آب منطقه‌ای ایجاد نماید. ادامه روند تغییر اقلیم و افزایش تغییر پذیری آن می‌تواند سبب افزایش این‌گونه آسیب‌پذیری‌ها نیز گردد [۸].

- عسگری و همکاران (۱۳۸۶) به این نتیجه رسیده‌اند که تقریباً در دو سوم کشور ما نمایه "جمع سالانه بارش روزهای تر" روندی منفی دارد، که می‌تواند یک بلیه خاموش تلقی شود [۹].
- به طور کلی اثرات پدیده تغییرات اقلیم و گرم شدن کره زمین بر منابع آب را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:
- تغییر در مدت، شدت و زمان بارش در مناطق مختلف کره زمین به وجود می‌آید. این مسأله می‌تواند سبب ایجاد خشکسالی‌ها و سیلاب‌هایی که قبلاً شاهد آن نبودیم، بشود.
  - تغییر در حجم، زمان و مدت رواناب می‌تواند در عرصه مدیریت منابع آب تحولات و تغییرات بسیاری را به وجود آورد. به طور مثال تغییرات در میزان و زمان آورد رودخانه‌ها مسأله تأمین آب را دچار مشکلات جدید خواهد نمود و فصل جدیدی را در سیاست بهره‌برداری از مخازن سدها رقم خواهد زد.
  - بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها در اثر ذوب یخچال‌های قطبی نه تنها باعث از دست رفتن برخی از زمین‌های ساحلی می‌شود، بلکه با ورود آب شور دریا به ساحل و ترکیب آن با منابع شیرین آب، سبب از دست رفتن این منابع با ارزش و ایجاد مشکلات در تأمین آب شرب خواهد شد.
  - کاهش ذخایر برفی در کوهستان‌ها به عنوان منابع ذخیره آب در فصول خشک سال که میزان آورد رودخانه‌ها را در این ایام نسبت به وضعیت کنونی دچار تحولاتی خواهد کرد و سبب لزوم تجدید نظر در سیاست بهره‌برداری از مخازن سدها خواهد شد.
  - تغییر در میزان تبخیر و تعرق از سطح گیاهان و تاثیر آن بر افزایش تقاضای آب در بخش کشاورزی از دیگر آثار ناخوشایند تغییر اقلیم می‌باشد. تغییر در مقدار نیاز آبی گیاهان از مواردی است که ارتباط مستقیمی بر مدیریت منابع آب خواهد گذاشت.
  - تغییر و افزایش نرخ تبخیر از سطح دریاچه‌ها و مخازن سدها و تشدید مسأله کمبود و هدر رفت آب نیز از دیگر پیامدها است.
  - افزایش مصرف و تقاضای آب شهری در پی افزایش دمای هوا از مشکلات پیش‌رو است.
- در دهه‌های اخیر فعالیت‌های انسانی، تغییرات شدیدی در هیدروسفر، ایجاد نموده و روند تدریجی تغییرات طبیعی را بسیار افزایش داده است. با توجه به اینکه مدیریت منابع آب برای درازمدت برنامه‌ریزی می‌شود، حتی تغییرات طبیعی نیز می‌توانند در درازمدت، معادلات حاکم را برهم زنند. بنابراین برای اتخاذ مناسب‌ترین استراتژی‌های مقابله با سیلاب و بهره‌برداری از منابع آب، بررسی و پیش‌بینی تغییرات هیدروسفر بسیار مهم تلقی می‌شود.

## مواد و روش‌ها

در هنگام استفاده از داده‌های یک ایستگاه باید مطمئن بود که علاوه بر اینکه ایستگاه به‌طور غیر طبیعی ناهمگن نباشد (تغییر مکانی و محیطی جدی نداشته باشد)، آمار آن نیز از کیفیت مناسب برخوردار باشد [۱۰]. این پژوهش نیز براساس تحلیل داده‌های مجموع بارندگی ماهانه، متوسط دما و میانگین رطوبت نسبی ایستگاه‌های سینوپتیک گرگان، بابلسر و بندرانزلی در طول دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۲ با دوره اقلیمی ۵۲ سال بوده است. پارامترهای هواشناسی به صورت ماهانه می‌باشند و موقعیت هر یک از مناطق مورد بررسی به شرح زیر است:

جدول ۱: موقعیت مناطق مورد بررسی

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از دریا
گرگان	36° 51' N	54° 16' E	13.3 M
بابلسر	36° 43' N	52° 39' E	-21.0 M
بندر انزلی	37° 28' N	49° 28' E	-26.2 M

برای بررسی روند از آزمون‌های نقاط عطف (turning point test)، آزمون رگرسیون خطی و دستور trend استفاده شده است.

## آزمون نقاط عطف

الف) کلیه داده‌ها به ترتیب زمان وقوع ردیف می‌شوند (فرضاً  $N$  عدد).  
 ب) تعداد نقاط عطف در سری داده‌ها به دست آورده می‌شود. (نقطه عطف به حالتی گفته می‌شود که هر عدد هم از عدد ماقبل و هم از مابعد بزرگتر باشد و یا آنکه هر عدد هم از عدد ماقبل خود و هم از عدد مابعد خود کوچکتر باشد).  
 ج) تعداد نقاط عطف  $P$  در نظر گرفته می‌شود.  
 د) تعداد نقاط مورد انتظار  $E(p)$  از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$E(P) = \frac{2(N-2)}{3} \quad (1)$$

ه) واریانس  $p$  از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$Var(p) = \frac{16N-29}{90} \quad (2)$$

و) مقدار  $Z$  از فرمول زیر محاسبه می شود.  $Z$  توصیف کننده  $P$  بر حسب استاندارد نرمال است:

$$Z = \frac{[p - E(p)]}{[Var(p)]^{0.5}} \quad (3)$$

ز) مقدار  $Z$  را در سطح معنی دار بودن ۵ درصد آزمایش کرده و چنانچه  $Z$  کوچکتر از ۱/۹۶+ و بزرگتر از ۱/۹۶- باشد گفته می شود که داده ها تصادفی بوده و فاقد روند می باشند.

برای نمونه در مورد میانگین حداکثر دمای ایستگاه گرگان چون  $Z = -1/82$  بین ۱/۹۶+ و ۱/۹۶- می باشد لذا در سطح اعتماد ۵ درصد می توان گفت که در داده ها روند وجود ندارد [۱۱].

### رگرسیون خطی

در این روش در یک دستگاه مختصات در محور افقی سال و در محور عمودی مقادیر داده های مربوط به آن سال آورده و خط مستقیم به معادله  $y = a + bx$  از بین نقاط گذرانده می شود.  $a$  و  $b$  ضرایب رگرسیون هستند که با استفاده از روش کمترین مربعات محاسبه می شوند. با بدست آوردن مقدار  $T$  با درجه آزادی  $n-2$  با استفاده از رابطه ی زیر معنی دار بودن شیب رگرسیون آزمون می شود.

$$T = \frac{b}{\sqrt{MSE / S_{xx}}} \quad (4)$$

$MSE$ : خطای مربع میانگین

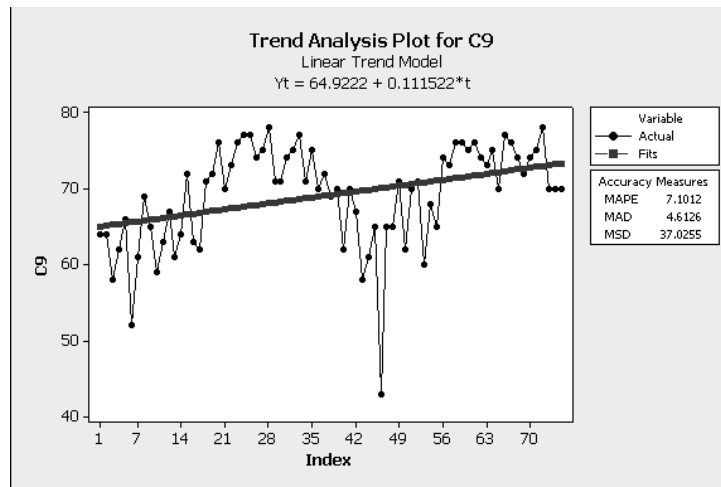
$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (5)$$

$S_{xx}$ : مجموع مربعات انحراف از میانگین

اگر  $|T| > t_{\alpha/2, n-2}$  شود، شیب رگرسیون بی معنی تلقی می شود و شیب به طور معنی داری مخالف صفر، نشان دهنده وجود روند می باشد [۱۲].

### دستور trend از نرم افزار Minitab

با استفاده از این دستور نوع روند (صعودی یا نزولی) پارامترهای هواشناسی مورد بررسی قرار گرفت. برای مثال همان طور که در شکل (۱) مشاهده می شود پارامتر رطوبت نسبی گرگان طی مدت ۵۳ سال روند صعودی داشته است.



شکل (۱). بررسی روند تغییرات میانگین رطوبت نسبی گرگان در ماه Sep توسط دستور trend

## نتیجه گیری

قضاوت در مورد وجود یا عدم وجود روند در پارامترهای مذکور بر این اساس نهاده شده که حداقل دو روش از سه روش اعمال شده روی پارامتر جوی مورد نظر، آنرا تأیید کند. همچنین صعودی یا نزولی بودن روند را با استفاده از *trend* می توان مشخص نمود. همان طور که در جداول ۲ تا ۴ مشاهده می شود، دما در هر سه ایستگاه به غیر از ماه *Nov* در ایستگاه بابلسر که روندی صعودی دارد، هیچ روندی از خود نشان نداده است. مجموع بارندگی ماهانه در ایستگاه گرگان در ماه *Sep* روند افزایشی، در ماه های *May, Feb, Aug, Oct* و *Nov* فاقد روند و در بقیه ماهها (۶ ماه) روند کاهشی داشته است. بارندگی در بابلسر غیر از ماه *May* که فاقد روند است، روندی نزولی دارد. در انزلی بارندگی در *Dec* روند افزایشی، در *Jan, Feb, Sep, Oct* فاقد روند و در بقیه ماهها روندی نزولی دارد. میانگین رطوبت نسبی ماهانه گرگان در *Mar, Apr, May, Dec* فاقد روند و در بقیه ماهها روندی صعودی دارد. در مورد بابلسر این پارامتر در *Nov, Dec* فاقد روند و در بقیه ماهها روند نزولی داشته است. در انزلی در ماه *May* این پارامتر روند کاهشی، در *Jun, Sep* روند افزایشی و در بقیه ماهها فاقد روند است. نتایج نشان می دهد که در هر سه ایستگاه پارامتر مجموع بارندگی ماهانه، دارای بیشترین تغییرات می باشد و پارامترهای میانگین رطوبت نسبی و متوسط دمای ماهانه در رتبه بعدی قرار می گیرند.

به طور کلی نیز می توان گفت: مجموع بارندگی ماهانه در هر سه ایستگاه دارای روند کاهشی، پارامتر رطوبت نسبی برای شهر گرگان دارای روند افزایشی، در بابلسر روند کاهشی و در انزلی فاقد روند می باشد. همچنین همان طور که قبلاً ذکر شد پارامتر متوسط دمای ماهانه در تمامی ایستگاهها فاقد روند می باشد.

اولین کنفرانس بین المللی بحران آب ۲۲-۲۰ اسفندماه ۱۳۸۷- دانشگاه زابل

جدول ۲: بررسی وجود روند تغییرات در پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک گرگان

دوره مورد بررسی (ماه)												روش	پارامتر
JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC		
×	×	×	×	×	√	×	×	×	×	×	×	نقطه عطف	متوسط دما
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	رگرسیون	
↓	↓	-	↑	↓	-	-	-	-	-	-	-	trend	
√	√	√	√	×	√	√	×	√	√	√	√	نقطه عطف	مجموع بارندگی ماهانه
√	√	√	√	×	√	√	×	√	√	√	√	رگرسیون	
↓	-	↓	↓	-	↓	↓	-	↑	-	-	↓	trend	
×	×	×	×	×	×	√	×	√	×	×	×	نقطه عطف	میانگین رطوبت نسبی
√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	رگرسیون	
↑	↑	-	-	-	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-	trend	

√: وجود روند در تغییرات پارامترهای هواشناسی .  
 ↓: روند نزولی.  
 -: بدون روند.  
 ×: عدم وجود روند در تغییرات پارامترهای هواشناسی .  
 ↑: روند صعودی .

جدول ۳: بررسی وجود روند تغییرات در پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بابلسر

دوره مورد بررسی (ماه)												روش	پارامتر
JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC		
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	√	×	نقطه عطف	متوسط دما
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	رگرسیون	
↑	-	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	trend	
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	نقطه عطف	مجموع بارندگی ماهانه
√	√	√	√	×	√	√	√	√	√	√	√	رگرسیون	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	trend	
×	×	×	×	×	×	×	×	√	×	×	×	نقطه عطف	میانگین رطوبت نسبی
√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	√	√	رگرسیون	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	-	-	trend	

جدول ۴: بررسی وجود روند تغییرات در پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیکانزل

دوره مورد بررسی (ماه)												روش	ماه
JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC		
x	x	x	x	x	x	x	√	x	x	x	x	نقطه عطف	متوسط دما
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	رگرسیون	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	trend	
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	نقطه عطف	مجموع بارندگی ماهانه
x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	رگرسیون	
-	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	-	-	↓	↑	trend	
x	x	x	x	√	√	x	x	√	√	x	√	نقطه عطف	میانگین رطوبت نسبی
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	رگرسیون	
-	-	-	-	↓	↑	↑	↑	↑	-	-	-	trend	

نتایج بدست آمده نشان دهنده‌ی تحول آب و هوا در شمال ایران است که به عنوان تغییر اقلیم شناخته می‌شود. تغییر اقلیم اگر با خشکسالی همراه شود، اثرات شدیدی بر منابع آبی و تولیدات کشاورزی می‌گذارد. تغییر کاربری در حومه شهرها در طول زمان از کشاورزی و مرتع به مسکونی دلیل عمده‌ای برای افزایش دما به مرور زمان خواهد بود. با صرفه جویی در مصرف آب و به‌کارگیری روش‌های کارآمد آبیاری که در آن تلفات به حداقل رسد و همچنین با اصلاح نباتات و به‌کارگیری رقوم مقاوم به خشکی و گرم شدن هوا، می‌توان تا حدودی بر این مشکل فائق آمد.

## منابع و مراجع

- [۱] بزرگ نیا، ا. تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی و پیش‌بینی، انتشارات آستان قدس رضوی. (۱۳۶۶)،
- [۲] رضایی، عبدالمجید و میرمحمدی میبیدی، علی محمد. آمار و احتمالات (کاربرد در کشاورزی)، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، (۱۳۸۶)، ۴۸۰-۵۵۰.
- [۳] عسگری، احمد و رحیم زاده، فاطمه و محمدیان، نوشین و فتاحی، ابراهیم. "تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران" مجله علمی پژوهشی تحقیقات منابع آب ایران. سال سوم، شماره سوم. (۱۳۸۶)، ۴۲-۵۵.
- [۴] علیزاده، امین. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، (۱۳۸۶)، ۱۳۳-۷۳.
- [۵] علیزاده، ا. و کمالی، غ. و موسوی، ف. و موسوی، م. هوا و اقلیم شناسی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۶)، ۳۴۹ ص.



- [6] Aguilar E., I. Auer, M. Brunet, T. C. Peterson, and Wieringe, (2003) "Guidelines on Climate Metadata and Homogenization". WCDMO-NO. 53, WMO-TD NO.1186. World Meteorological Organization. Geneva, 55p.
- [7] IPCC, 2007. *Climate Change (2007), "The Physical Science Basis, A Contribution of Working Groups. I, to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon and the Core Writing Team (eds)". Cambridge University press. Cambridge United Kingdom , and New York, USA.*
- [8] Karl, T. R., R.W. Knight, D.R. Easterling and R.G. Guayle. (1996). *Indices of climate change for the United States. Bull. Am. Meteorol. Soc.* 77(2):279-292.
- [9] Lettenmaier, D.P., E.F. Wood and J.R. Wallis. (1994). *Hydro-climatological trends in the continental United State. J. Climatol.* 7:586-607
- [10] Tol, R. S. J. (1994). *Greenhouse statistics – time series analysis. Theor. And Appl. Climatol.* 49: 91-102.
- [11] Vorosmarty, C.J., P. Green, J. Salisbury and R. B. Lammers. (2000). *Global water resource: Vulnerability from climate change and population grow. Bull. Am. Met. Soc.* 289:284-288.
- [12] Watson, R. T., M. C. Zinyowera, and R. H. Moss (1997), " IPCC Summary for Polycimakers, The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability", Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO and UNEP publication, Geneva.