

СТАТИСТИЧЕСКО ПРЕЦИЗИРАНЕ НА ГЛОБАЛНИ КЛИМАТИЧНИ МОДЕЛИ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА ВЪЗДУХА В РАЙОНА НА БЪЛГАРСКОТО ЧЕРНОМОРСКО КРАЙБРЕЖИЕ

Илия Трифонов

*Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: okihobi@mail.bg*

Ключови думи: статистическо прецизиране, глобални климатични модели, прогнози, температура на въздуха, Българско черноморско крайбрежие

Резюме: В настоящото изследване е извършено статистическо прецизиране на глобални климатични модели в района на Черноморското крайбрежие. За постигането на тази цел са използвани данни за температурата на въздуха от станциите Констанца, Варна и Бургас. Статистическото прецизиране и прогнозиране е базирано на множествена линейна регресия. За конструирането на статистическите модели са използвани данни за климатични елементи, моделирани от 43 глобални климатични модела, в съответствие с базовият период на изследване (1950-2005 г.) и периода 2006-2009 г. Изготвени са прогнози за очакваните бъдещи изменения в температурата на въздуха до края на XXI век. Сценариите, на които са базирани прогнозите, са RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 и RCP8.5 (IPCC Fifth Assessment Report). Прогнозите, базирани на сценариите, показват, че средномесечните температури на въздуха ще се повишават и в трите станции главно през месеците януари, февруари, април, юни, юли, август и ноември. Понижение на средномесечните температури на въздуха съобразно използваните сценарии се очаква главно през месеците март, септември, октомври и декември. Средногодишните температури на въздуха, съобразно сценарий RCP2.6, се очаква слабо да се повишат до средата на XXI век, след което слабо да се понижат в края на XXI век. Слабо повишение на изследвания климатичен елемент се очаква, съобразно сценарий RCP4.5, с около 0,5-0,6°C в края на века, спрямо настоящите нива (2006-2015) г. Значително повишение на средногодишните температури се очаква според сценариите RCP6.0 и RCP8.5, с 1-1,7°C към края на века, спрямо периода 2006-2015г.

STATISTICAL DOWNSCALING OF GLOBAL CLIMATE MODELS AND PROJECTIONS OF AIR TEMPERATURE AT BULGARIAN BLACK SEA COAST

Iliya Trifonov

*National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: okihobi@mail.bg*

Keywords: statistical downscaling, global climate models, projections, air temperature, Bulgarian Black sea coast

Abstract: A statistical downscaling of air temperature at three stations located on the Black Sea coast was made in this study. Air temperature data for stations Constanta, Varna and Burgas were used. A statistical downscaling method was based on multiple linear regression. Data from 43 global climate models, according to historical period of the study (1950-2005) and the period 2006-2009 were used for constructing statistical models. The data source for global climate models was project CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5). Projections based on scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 and RCP8.5 were made for the following future periods: 2006-2036, 2037-2067 and 2068-2099. The projections based on scenarios indicate that mean monthly air temperature will increase mainly in January, February, April, June, July, August and November at all three stations. A decrease of temperature is expected mainly in March, September, October and December. Mean annual temperatures according to scenario RCP 2.6 is expected to increase slightly until the middle of the XXI century, then to decrease slightly towards the end of the XXI century. A gradual slight increase of mean annual temperatures towards the end of the XXI century is expected according to the scenario RCP 4.5, with about 0,5-

0,6°C compared to the period 2006-2015. A stable increase of annual temperatures is expected according to scenarios RCP 6.0 and RCP 8.5, with about 1-1,7°C towards the end of the century, compared to the period 2006-2015.

Въведение

Глобалните климатични модели представляват математически модели, разработени за изследване на физическите процеси протичащи в климатичната система. Въпреки, че тези модели са в състояние да моделират все по-прецизно глобалните атмосферни процеси, те все още показват слаби резултати при прогнозиране на изменението на климата на локално ниво.

Статистическото прецизиране на изходни данни от климатични модели е широко използван способ, базиран на статистическо идентифициране на характерните местни особености, обвързани с данни от глобални и регионални климатични модели за прогнозиране на изменението на климата на местно равнище (Huth, 2002; Wilby et al., 1998). Методът се основава на схващането, че изменението на регионалния климат се обуславя от взаимовръзката между два фактора: едромашабните атмосферни процеси и местните физикогеографски характеристики (топография, разпределение на сушата и водата, характера на земеползването и т.н. (von Storch, 1995, 1999).

Публикациите, свързани с приложението на климатични модели за територията на България, са сравнително малко. В някои от тях основна цел е проучване на изменението на климата в България през 20-ти век и определяне на цялостното му въздействие върху селското стопанство (Alexandrov, 1997a, 1997b, 1999, Alexandrov and Hoogenboom, 2000). Изготвени са оценки за въздействието на климатичните промени върху основните земеделски култури. Приложен е обстоен анализ и оценка на изменението на климата в България през XX век и са разработени някои сценарии за бъдещите изменения, базирани на изходни данни от глобални климатични модели.

Nojarov (2012,2015) извършва статистическо прецизиране на регионални и глобални климатични модели за температурата на въздуха и валежите в три високопланински станции в България, базирано на множествена линейна регресия. Изготвя и прогнози за очакваните изменения в изследваните климатични елементи до края на XXI век.

Данни и методи

В настоящото изследване е извършено статистическо прецизиране на глобални климатични модели, и е изготвена прогноза за изменението на температурата на въздуха в две станции, разположени на Българското Черноморско крайбрежие - ст. Варна и ст. Бургас, и една на Румънското Черноморско крайбрежие - ст. Констанца. Източникът на данни за глобалните климатични модели е проекта CMIP-5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5). Използвани са данни от 45 глобални климатични модела за периода 1950-2099г. с резолюция варираща от 0.57°×0.57° до 3.7°×3.75°. За статистическото прецизиране и прогнозиране са използвани модели, базирани на множествена линейна регресия. Първоначално са обработени данни за климатични елементи, представляващи историческия период на изследване (1950-2005 г.), а в последствие и симулации, представляващи прогнози за климатичните промени през XXI век (2006-2099 г.). Изготвени са и прогнози за измененията на температурата на въздуха до края на XXI век. Сценариите, на които са базирани прогнозите, са RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 и RCP8.5 (IPCC Fifth Assessment Report). Предикторите в множествено-регресионните линейни модели по всички сценарии са данните от глобалните климатични модели за скоростта на вятъра по направление север-юг и изток-запад (925 hPa) и низходящите потоци късовълнова радиация. Основният критерий за включването на даден предиктор в статистическите модели е коригираният коефициент на детерминация R^2 . С цел достигане на възможно най-високо качество на статистическите модели за прогнозиране на температурата на въздуха по съответните сценарии, бяха добавени и някои допълнителни предиктори, както следва:

- Температура на въздуха (925 hPa) и възходящ поток дълговълнова радиация за сценарий RCP2.6
- Температура на въздуха (925 hPa) и височина на геопотенциалната повърхнина (925 hPa) за сценариите RCP4.5 и RCP6.0
- Температура на въздуха (925 hPa), височина на геопотенциална повърхнина (925 hPa) и възходящ поток дълговълнова радиация за сценарий RCP8.5

Резултати и дискусия

В таблица 1. е показана корелацията между получените данни от съставените статистически модели (от съответните предиктори за прогнозиране на температурата на въздуха по съответните сценарии) и реално измерените температури на въздуха в трите изследвани станции за периода 1950-2005 г. Вижда се, че всички стойности са много високи, което показва, че съставените статистически модели имат добра взаимовръзка с реално измерената температурата на въздуха.

Табл. 1. Корелация на Спирмън между резултатите от съставените статистически модели (МЛР модели) и измерените температури на въздуха за периода 1950-2005 г. за станциите Варна, Бургас и Констанца. Всички стойности са статистически значими

Месец	Констанца				Варна				Бургас			
	RCP2,6	RCP4,5	RCP6,0	RCP8,5	RCP2,6	RCP4,5	RCP6,0	RCP8,5	RCP2,6	RCP4,5	RCP6,0	RCP8,5
Януари	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Февруари	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99
Март	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Април	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99
Май	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Юни	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Юли	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Август	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Септември	0,98	0,97	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98
Октомври	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Ноември	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Декември	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Прогнозираните отклонения в средномесечните и средногодишни температури на въздуха за периода 2068-2099г., спрямо настоящите (2005-2015г.) нива са показани на табл.2.

Вижда се ,че устойчиво повишение на температурата на въздуха по всички сценарии се очаква през месеците януари, февруари и април. Повишение на изследвания климатичен елемент като цяло се очаква и през месеците май, юни, юли, август, ноември и декември. Понижение на изследвания климатичен елемент се очаква предимно през месеците март, септември и октомври.Средногодишните температури на въздуха, съобразно сценарий RCP2.6, се очаква слабо да се повишат до средата на XXI век, след което слабо да се понижат в края на XXI век. Слабо повишение на изследвания климатичен елемент се очаква, съобразно сценарий RCP4.5, с около 0,5-0,6°C в края на века, спрямо настоящите нива (2006-2015) г. Значително повишение на средногодишните температури се очаква според сценариите RCP6.0 с 0,8-1°C, и съобразно сценарий RCP8.5, с 1,5-1,7°C към края на века, спрямо периода 2006-2015г.

Табл. 2. Прогнозирани отклонения (°C) в средномесечните и средногодишни температури на въздуха за периода 2068-2099г., спрямо настоящите (2005-2015г.) нива

Станция	Сценарий	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Констанца	RCP 2,6	1.6	0.1	-0.9	0.6	-1.3	-0.2	1	-2.7	-1.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.5
Варна		0.2	0.9	-0.5	0.1	-1.1	0.4	-0.3	-2.1	-2.7	-1.1	-1	-1	-0.7
Бургас		0.9	0.8	-0.1	0.9	0.4	-1.6	-2.3	-1.1	-1.3	-0.6	0.1	0.1	-0.3
Констанца	RCP 4,5	1.3	1.4	-0.7	0.4	1.7	-0.4	0.3	0.3	-0.7	1.1	1.1	1.1	0.6
Варна		1.9	1.2	-0.5	0.9	0.1	1	0.4	0.6	-0.1	1	0	0	0.5
Бургас		1.8	0.7	-1.2	0.9	0.5	0.5	0.9	0.4	0.2	1.5	0.5	0.5	0.6
Констанца	RCP 6,0	1.8	2	-1.2	0.9	1.1	1.6	2.8	1.5	-0.9	0.9	0.5	0.5	1
Варна		2.8	1.8	-0.5	2.7	0.2	1.6	1.8	-0.4	0.5	1.4	-0.9	-0.9	0.8
Бургас		2.6	1.5	1	3	0.6	1.1	1.4	2.3	-1	-0.2	-0.6	-0.6	0.9
Констанца	RCP 8,5	4	2.1	-1.5	0.9	0.9	-0.2	2.4	2.8	-0.2	-0.3	3.5	3.5	1.5
Варна		4.6	3.5	-1.5	3.2	0.8	2.2	3.5	2.7	-0.6	-0.8	2	2	1.8
Бургас		4.1	2.9	0	1.1	-0.6	3.3	3.7	2	-1.2	-0.4	1.7	1.7	1.5

Изводи:

Основните изводи от настоящото изследване са:

- Конструираните множествено-регресионни линейни модели описват добре температурата на въздуха през всички месеци от годината в изследвания регион. Статистическото прецизиране с използване на повече климатични модели и предиктори подобрява качеството на статистическите модели.
- Прогнозите според съставените статистически модели съобразно сценарий RCP 2,6 показват слабо понижение на средногодишните температури на въздуха, в резултат от устойчивото понижение на температурата на въздуха през месеците март, август, септември и октомври.
- Прогнозите съобразно сценариите RCP 4,5 показват слабо повишение на средногодишните температури на въздуха, което се дължи на очакваното повишение на средномесечните температури на въздуха през месеците януари, февруари, април, юни и юли.
- Прогнозите според сценариите RCP 6,0 и RCP 8,5 показват устойчиво повишение на средногодишните температури на въздуха, дължащо се на устойчивото повишение на средномесечните температури на въздуха през почти всички месеци от годината.

Литература:

1. Alexandrov, V. (1997) GCM climate change scenarios for Bulgaria. *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology* 8(3–4): 104–120.
2. Alexandrov, V. (1997) Vulnerability of agronomic systems in Bulgaria. *Climatic Change*, Vol. 36, 1-2: 135-149. DOI: 10.1023/A:1005309911597
3. Alexandrov, V. (1999) Vulnerability and adaptation of agronomic systems in Bulgaria. *Climate Research*, Vol. 12: 161–173.
4. Alexandrov, V., G. Hoogenboom (2000) The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 104, Issue 4: 315-327. doi:10.1016/S0168-1923(00)00166-0
5. Alexandrov, V., M. Genev (2003) Climate Variability and Change Impact on Water Resources in Bulgaria. *European Water*, 1/2: 25-30.
6. Chang, CH., G. Knight, MP. Staneva, D. Kostov (2002) Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria. *GeoJournal* 57: 159–168. DOI: 10.1023/B:GEJO.0000003611.11187.5c
7. Huth, R. (2002) Statistical downscaling of daily temperature in central Europe. *J. Climate*, 15, 1731-1742.
8. Nojarov, P. (2012) Bulgarian mountains air temperatures and precipitation – statistical downscaling of global climate models and some projections. *Theoretical and Applied Climatology* 110 (4): 631–644.
9. Nojarov, P. (2015) Statistical downscaling of regional climate models in Bulgarian mountains and some projections. *Theoretical and Applied Climatology*, 119(1-2):83-98. DOI 10.1007/s00704-014-1110-6
10. Wilby, R. L., T. M. L. Wigley, D. Conway, P. D. Jones, B. C. Hewitson, J. Main, D. S. Wilks (1998) Statistical downscaling of general circulation model output: A comparison of methods. *Water Resources Research*, 34, 2995-3008.