

## ПОВЕЗАНОСТ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОДЕ СУБТРОПСКОГ АТЛАНТИКА, АЗОРСКОГ МАКСИМУМА И ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА У СРБИЈИ<sup>1</sup>

Бошко Миловановић,\* Милан Радовановић, Тамара Јојић-Главоњић

*Географски институт „Јован Цвијић“, САНУ, Буре Јакшића 3/3, Београд, Србија*

**Сажетак:** У раду је испитивана веза између температуре воде субтропског дела Атлантског океана (појас од 25-40°N), атмосферског притиска и температуре ваздуха у Београду и Србији. Тежиште истраживања је на испитивању повезаности Азорског максимума ваздушног притиска са променама температуре воде у субтропском појасу Атлантика (датим у мрежи 5x5°). Коришћењем хијерархијске кластерске анализе издвојено је 10 кластера температуре воде субтропског дела Атлантског океана. Њихова повезаност са положајем и интензитетом Азорског максимума је испитана вишеструком линеарном регресијом. Установљено је који од кластера највише утиче на географску ширину, географску дужину и интензитет Азорског максимума и која од гридних ћелија у оквиру сваког од кластера представља најзначајније предикторе. Испитивањем односа између положаја и интензитета Азорског максимума са температуром ваздуха у Београду, односно Србији, установљено је да је најзначајнија повезаност са географском ширином овог акционог центра.

**Кључне речи:** Кластерска анализа, вишеструка линеарна регресија, субтропски Атлантски, Азорски максимум, температура ваздуха, Србија

### Увод

О повезаности НАО индекса, односно Атлантских акционих центара са променама климатских елемената у Србији постоји већи број радова (Дуцић, В. 1999; Тошић, И. 2004; Миловановић, Б. 2005; Миловановић Б. и сар. 2009). Јакоб Бјеркнес (Jacob Vjerkness) је 1959. године уочио да постоји позитивна корелација између загревања површине Атлантског океана између 30°-50° с.г.ш. и Азорског максимума (Deser, С. и Blackmon, М. 1993). Са друге стране, Huang и Shukla (2005) наводе да промене површинске температуре у тропском и субтропском делу Атлантског океана могу имати утицаја на НАО индекс и последично на колебање климе и у тропском и у вантропском појасу. Sutton и Hodson (2003) наводе да се у истраживању удвојеног система океан-атмосфера основно питање односи на идентификацију делова океана који имају највећи утицај на атмосферу (у нашем случају делова Атлантског океана који показују најснажнију везу са Азорским максимумом).

### Коришћени подаци и методи

За испитивање повезаности субтропског дела Атлантског океана и Азорског максимума искоришћени су подаци о промени површинске температуре Атлантског

---

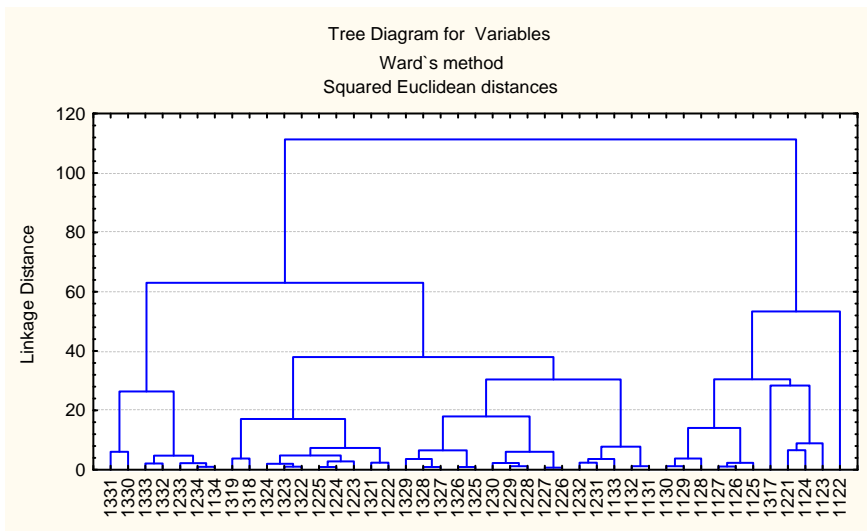
<sup>1</sup> Рад представља резултате истраживања пројекта 146011 који финансира Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије.

\* [b.milovanovic@gi.sanu.ac.rs](mailto:b.milovanovic@gi.sanu.ac.rs)

океана који су дати у мрежи од  $5 \times 5^\circ$ . Подаци су добијени од British Atmospheric Data Centre ([www.badc.nerc.ac.uk](http://www.badc.nerc.ac.uk)) и постоје за период 1850-2005. година. Међутим, због већег броја недостајућих података искоришћен је низ од 1918-2005. године, односно због дужине низа о Азорском максимуму 1918-1994. година. Подаци о Азорском максимуму су добијени у личној преписци са Херманом Махелом<sup>2</sup> и односе се на период 1888-1994. године. Због средњег положаја Азорског максимума ( $\bar{\varphi}=34,13^\circ$ ;  $\bar{\lambda}=32,51^\circ$ ) посматран је субтропски појас Атлантског океана од  $25-40^\circ$  с.г.ш. У овом појасу постоје 43 гридне ћелије.

У раду су анализирани подаци о средњим годишњим вредностима са Београдске опсерваторије (период 1888-1994.) и са 18 метеоролошких станица у Србији (период 1949-1994. година). Коришћени су подаци са станица: Београд, Димитровград, Кикинда, Крагујевац, Крушевац, Неготин, Ниш, Нови Сад, Палић, Призрен, Сјеница, Смедеревска Паланка, Сомбор, Ваљево, Велико Градиште, Врање, Зајечар и Златибор. Примењена је истоветна методологија и софтверски пакети као у раду Миловановић и др. (2009), с тим што је акценат истраживања стављен на идентификацију делова субтропског Атлантика који показују најснажнију везу са Азорским максимумом и повезаност елемената овог акционог центра (географска ширина, географска дужина, интензитет) са температуром ваздуха у Београду и Србији.

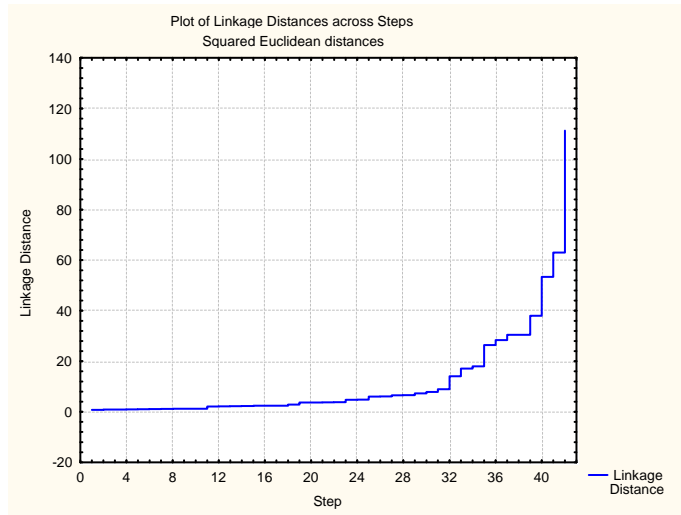
Кластерском анализом је издвојено 10 кластера (графикон 1, карта 1), при чему гридне ћелије 1122 и 1317 представљају засебне варијабле.



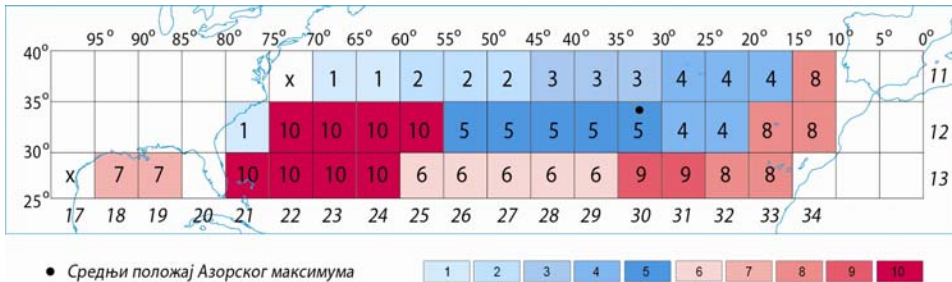
Графикон 1. Дендрограм грид ћелија субтропског Атлантика

Због функционалности и економичности приказивања, уместо описивања координата које дефинишу сваку гридну ћелију, оне ће бити именоване бројчаном ознаком која је комбинација ред-колона. Припадност сваке гридне ћелије одређеном кластеру дата је истоветном бојом и бројчаном ознаком на карти 1. На овај број кластера смо се одлучили на основу дијаграма растојања током сваког од корака кластерске анализе (графикон 2).

<sup>2</sup> Dr. Hermann Mächel, KU21 Projekt: KLIDADIGI, Deutscher Wetterdienst Kaiserleistr. 44 63067 Offenbach am Main

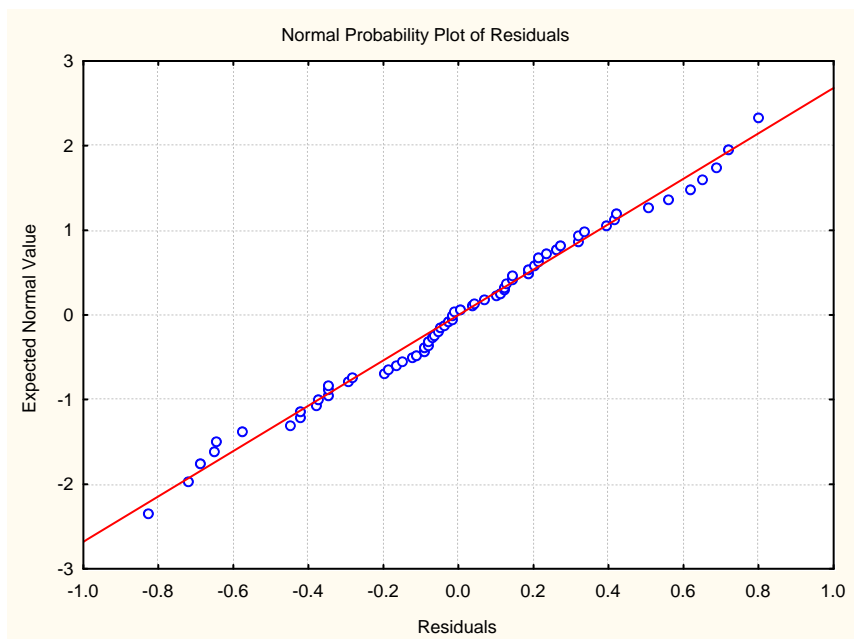


Графикон 2. Дијаграм растојања током сваког од корака кластерске анализе

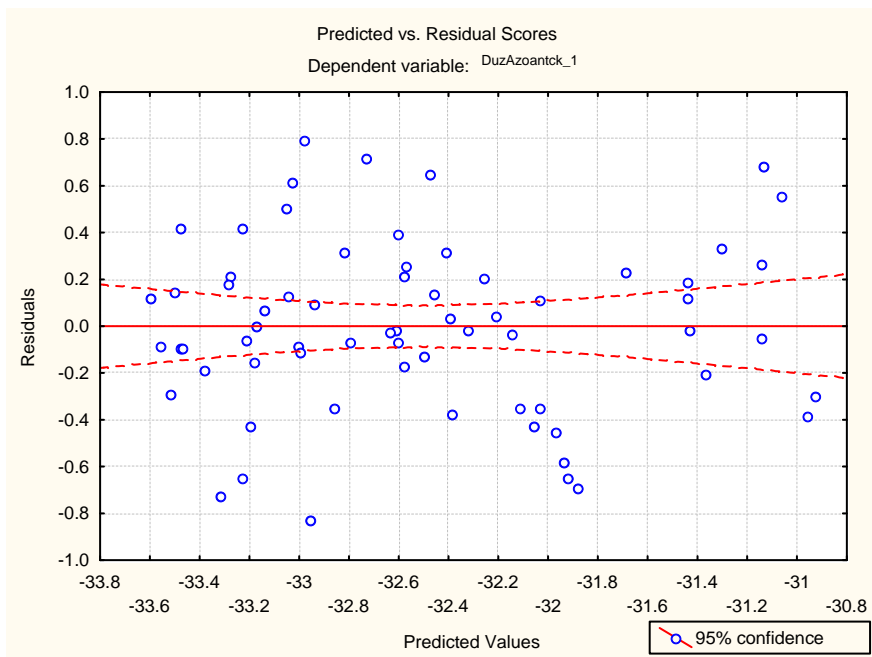


Карта 1. Просторни распоред кластера у субитропском Атлантику

Повезаност добијених кластера и Азорског максимума је испитана вишеструком линеарном регресијом (Wolter, K., 1987). Овај метод је одабран на основу анализе резидуала. Ни у једном од испробаних регресионих модела није уочено значајније одступање резидуала од нормалне расподеле, нити постоје индиције нелинеарног односа (графикони 3 и 4).



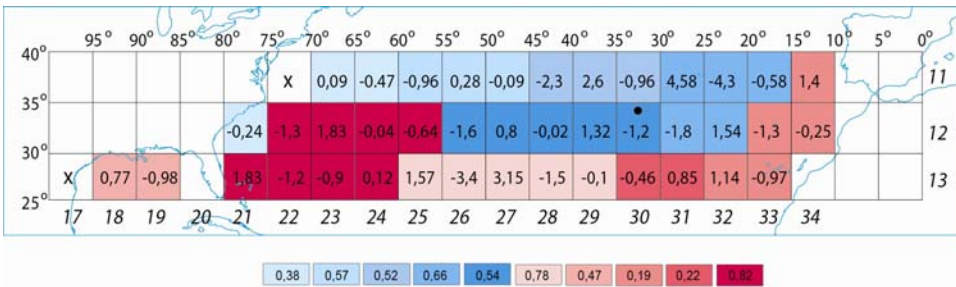
Графикон 3. Типична дистрибуција резидуала у примењеним моделима вишеструке регресије



Графикон 4. Типичан однос предвиђених вредности и резидуала у примењеним моделима вишеструке регресије

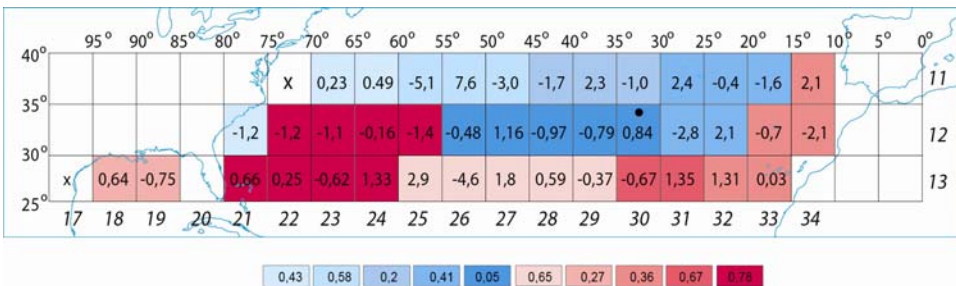
## Резултати

Када се посматра географска ширина Азорског максимума (карта 2), највећи проценат варијансе захвата кластер 10. Око 82% (прилагођено  $R^2=0,82$ ) ове критеријумске варијабле се може објаснити променама температуре воде у овом делу Атлантског океана, при чему је највећи допринос гридних ћелија 1223 и 1321. С обзиром да је ово и највећи кластер (састоји се од осам варијабли) уклоњене су гридне ћелије 1224 и 1324 које релативно мало доприносе објашњењу варијансе географске ширине Азорског максимума. Међутим, прилагођени коефицијент детерминације остаје стабилан и износи око 0,82 (прилагођено  $R^2=0,826$ ). Висок проценат варијансе – око 78% – захвата и кластер 6.



Карта 2. Захваћеност варијансе географске ширине Азорског максимума и  $\beta$  коефицијенти за сваку гридну ћелију у оквиру добијених кластера

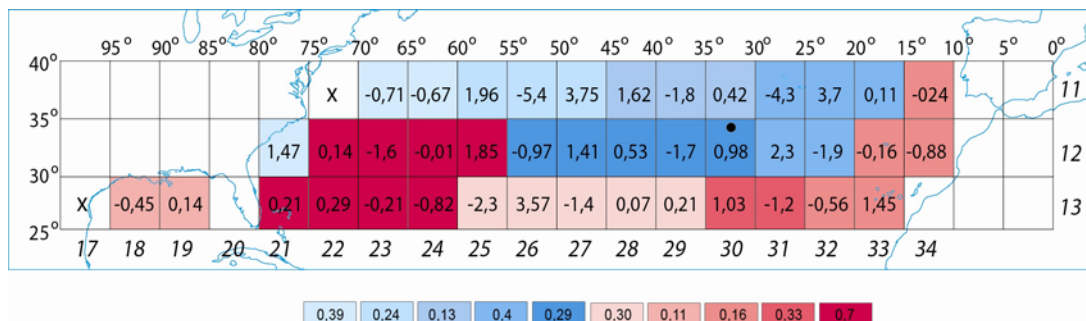
И у случају географске дужине Азорског максимума (карта 3) највећи проценат варијансе (око 78%) захвата кластер 10 (прилагођено  $R^2=0,783$ ), при чему највећи допринос имају гридне ћелије 1324, 1222, 1223 и 1225. Уклањањем мање значајних гридних ћелија 1322, 1323 и 1224 прилагођени коефицијент детерминације није много променио своју вредност (прилагођено  $R^2=0,781$ ). Релативно висок прилагођени коефицијент детерминације имају и кластер 6 ( $R^2=0,648$ ), односно кластер 9 ( $R^2=0,671$ ).



Карта 3: Захваћеност варијансе географске дужине Азорског максимума и  $\beta$  коефицијенти за сваку гридну ћелију у оквиру добијених кластера

У погледу интензитета Азорског максимума (карта 4) највећи проценат варијансе захвата кластер 10. Променама температуре воде у овом кластеру се може објаснити око 70% (прилагођено  $R^2=0,70$ ) варијансе ове варијабле. Највећи допринос имају гридне ћелије 1225, 1223 и 1324. Када се у регресионом моделу оставе само

претходно поменуте и GRIDNA ћелија 1321, прилагођени коефицијент детерминације износи 0,715 и нешто је већи него када су у модел укључене све GRIDNE ћелије.



Карта 4: Захваћеност варијансе интензитета Азорског максимума и  $\beta$  коефицијенти за сваку GRIDNU ћелију у оквиру добијених кластера

На покретном декадном нивоу сви коефицијенти корелације између елемената Азорског антициклона и температуре ваздуха у Београду показују статистичку значајност на нивоу поверења 95%. Најснажнија повезаност постоји између географске ширине Азорског максимума и температуре ваздуха у Београду (табела 1). Када се посматра повезаност између температуре ваздуха у Србији и положаја и интензитета Азорског максимума, статистички значајна корелација постоји само код географске ширине овог акционог центра.

Табела 1. Коефицијенти корелације између положаја и интензитета Азорског максимума и температуре у Београду и Србији

	Географска дужина Азорског максимума	Географска ширина Азорског максимума	Интензитет Азорског максимума
T <sub>Београд</sub>	0.54	0.65	-0.35
T <sub>Србија</sub>	-0.32	-0.38	0.18

Важно је указати да су у питању два различита низа података (подаци за Београд се односе на период 1888-1994; за Србију у целини 1949-1994.), као и да је знак корелације различит и знатно мањи у периоду 1949-1994. година, што би могло указивати да је у овом периоду дошло до већег утицаја неког другог фактора на промене температуре ваздуха у Србији. С обзиром на то да су Миловановић и сар. (2009) уочили значајну везу између географске дужине Исландског минимума и температуре ваздуха у Београду, односно Србији, у линеарни регресиони модел смо као предикторе унели ову варијаблу и географску ширину Азорског максимума, док су зависне поново биле температуре ваздуха у Београду и Србији (табела 2).

На основу резултата из табеле 2, може се закључити да положај акционих центара изнад Атлантског океана игра важну улогу у променама температуре ваздуха у Београду, односно Србији. Око 62% варијансе покретних декадних температура ваздуха у Београду и скоро 80% варијансе покретних декадних температура ваздуха у Србији се може објаснити променама у географској дужини Исландског минимума и географској ширини Азорског максимума. Оба регресиона коефицијента су статистички значајна, при чему је утицај географске дужине Исландског минимума већи.

**Табела 2. Основни резултати примене вишеструке линеарне регресије за температуру ваздуха у Београду и Србији**

<b>Температура ваздуха у Београду</b>							
	Бета коэффицијент	Толеранција	Парцијално R	Прилагођено R <sup>2</sup>	t статистик / Ниво значајности предиктора p<	Број случајева	F статистик / Ниво значајности модела p<
Географска ширина Азорског максимума	0.285	0.607	0.344	0.624	3.56/0.001	97	80.7/0.001
Географска дужина Исландског минимума	-0.58	0.607	-0.600		-7.27/0.001		
<b>Температура ваздуха у Србији</b>							
	Бета коэффицијент	Толеранција	Парцијално R	Прилагођено R <sup>2</sup>	t статистик / Ниво значајности предиктора p<	Број случајева	F статистик / Ниво значајности модела p<
Географска ширина Азорског максимума	-0.494	0.981	-0.747	0.799	-6.46/0.001	36	70.7/0.001
Географска дужина Исландског минимума	-0.823	0.981	-0.882		-10.8/0.001		

### **Закључак**

Применом хијерархијске кластерске анализе на податке о површинској температури субтропског Атлантика, издвојено је 10 кластера. Њихова веза са Азорским максимумом је испитана вишеструком линеарном регресијом. Највећи проценат варијансе географске ширине овог акционог центра захвата кластер 10 (око 82%), односно кластер 6 (око 78%). У кластеру 10 највећи значај имају гридне ћелије 1321 (простор између 25-30° N; 75-80° W) и 1223 (простор између 30-35° N; 65-70° W). И у погледу географске дужине и интензитета Азорског максимума највећи проценат варијансе захвата кластер 10 (око 78%, односно 70%), при чему је у оба случаја најзначајнија гридна ћелија 1225 (простор између 30-35° N; 55-60° W).

У погледу повезаности положаја и интензитета Азорског максимума и температуре ваздуха у Београду и Србији, показало се да најснажнија корелација постоји између географске ширине овог акционог центра и температуре, при чему су сви коэффицијенти корелације између температуре ваздуха у Београду и Азорског максимума статистички значајни на нивоу поверења од 95%, док у случају температуре ваздуха у Србији, статистички значајна веза постоји само за географску ширину овог акционог центра. С обзиром на то да су низови података за температуру ваздуха у Београду и Србији различите дужине, важно је нагласити да је знак корелације различит и знатно мањи у периоду 1949-1994. година, што би могло указивати да је у овом периоду дошло до већег утицаја неког другог фактора на промене температуре ваздуха у Србији. Ако би се у регресиони модел укључили и подаци о Исландском минимуму (његовој географској дужини) проценат захваћености варијансе покретних декадних температура ваздуха у Београду и Србији

износи око 62%, односно приближно 80%. Добијени резултати указују на неопходност даљег истраживања које би укључило узајамно дејство унутрашњих и спољашњих климатских фактора (Миловановић, Б. и Радовановић, М. 2009).

### Захвалност

Аутори се захваљују Драгољубу Штрпцу и мр Миловану Миливојевићу из Географског института „Јован Цвијић“, САНУ на обради података о површинској температури воде Атлантског океана и израђеним картама субтропског појаса Атлантског океана. Такође се захваљују Херману Махелу на подацима о Азорском максимуму.

### Литература

- Bjerkness J. (1959). The recent warming of the North Atlantic. *Rossby Memorial Volume*. B. Bolin. Ed. Rockefeller Inst. Press in assoc. with Oxford University Press, 65-73.
- Deser C, Blackmon M (1993). Surface Climate Variations over the North Atlantic Ocean during Winter: 1900-1989. *J. Climate*, vol 6, pp. 1743-1753
- Дуцић В. (1999). *Антропогени утицаји на колебање климата у Србији*. Рукопис докторске дисертације, Географски факултет, Београд.
- Huang B, Shukla J. (2005). Ocean-Atmosphere Interactions in the Tropical and Subtropical Atlantic Ocean. *Journal of Climate*, Vol. 18, 1652-1674
- Kapala A, Machel H, Flohn H. (1998). Behaviour of the centres of action above the Atlantic since 1881. Part II: Associations with regional climate anomalies. *Int. J. Climatology*, 18, p. 23-36.
- Machel H, Kapala A, Flohn H. (1998). Behaviour of the centres of action above the Atlantic since 1881. Part I: Characteristics of seasonal and interannual variability. *Int. J. Climatology*, 18, p. 1-22.
- Миловановић Б. (2005): Резултати примене статистичких поступака у истраживању падавина на Старој планини, *Зборник радова ГИ „Јован Цвијић“*, бр. 54, стр.33-45, Београд
- Миловановић Б, Радовановић М. (2009). Повезаност Сунчеве активности и циркулације атмосфере у периоду 1891-2004. *Зборник радова ГИ „Јован Цвијић“*, бр. 59/1, стр. 35-49. Београд
- Миловановић Б, Радовановић М, Дуцић В. (2009). Удвојени систем океан-атмосфера – повезаност температуре воде субполарног Атлантика, Исландског минимума и температуре ваздуха у Србији. *Гласник СГД*, св. 3. 165-176
- Sutton R. T, Hodson D. L. R. (2003). Influence of the Ocean on North Atlantic Climate Variability. *Journal of Climate* 16, pp. 1871-1899
- Тошић, И. (2005). *Анализа временских серија температуре и падавина*. Докторска дисертација у рукопису. Универзитет у Београду, Физички факултет, Институт за метеорологију, Београд: 1-164.
- Wolter K. (1987). The Southern Oscillation in Surface Circulation and Climate over the Tropical Atlantic, eastern Pacific, and Indian Oceans as Captured by Cluster Analysis. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26, p. 540-558.



## LINKAGE BETWEEN WATER TEMPERATURE OF THE SUBTROPICAL ATLANTIC, THE AZORES MAXIMUM AND AIR TEMPERATURE IN SERBIA\*

BOŠKO MILOVANOVIĆ, MILAN RADOVANOVIĆ, TAMARA JOJIĆ-GLAVONJIĆ

*Geographical Institute "Jovan Cvijić" Serbian Academy of Sciences and Arts, Đure Jakšića 9/3, Belgrade, Serbia*

**Abstract:** The paper explores the link between water temperature of the subtropical part of the Atlantic Ocean (the belt of 25 to 40° N), atmospheric pressure and air temperature in Belgrade and Serbia. The main point of the research is to examine the linkage between the Azores air pressure maximum with the changes of water temperature in the subtropical belt of the Atlantic (given in the net 5x5°). Using the hierarchical cluster analyses, 10 clusters of water temperature of the subtropical part of the Atlantic Ocean were selected. Their linkage between the position and the intensity of the Azores maximum was examined by multiple-linear regression. It was established which of the clusters influenced most the geographical latitude, geographical longitude and the intensity of the Azores maximum, as well as which of the grid cells represented the most significant predictors within each of the clusters. Examining the relation between the position and the intensity of the Azores maximum with the air temperature in Belgrade, i.e. Serbia, it was established that the linkage with the geographical latitude of this action centre was the most significant.

**Key words:** cluster analysis, multiple-linear regression, subtropical Atlantic, Azores maximum, air temperature, Serbia.

### Introduction

There are many papers on the connection between the NAO index i.e. the Atlantic action centres and the changes of the climate elements in Serbia (Ducic, V., 1999; Tomic, I., 2004; Milovanovic, B., 2005; Milovanovic, B, et al., 2009). In 1959 Jacob Bjerkness noticed the positive correlation between the warming of the surface of the Atlantic Ocean between latitudes 30° and 50° N and the Azores maximum (Deser, C., Blackmon, M., 1993). On the other hand, Huang & Shukla (2005) stated that the changes of the surface temperature in the tropical and subtropical part of the Atlantic Ocean could influence the NAO index and consequently the variability of climate both in the tropical and non tropical belt. Sutton, T., Hodson, R. (2003) stated that in the research of the doubled ocean-atmosphere system, the basic issue referred to the identifications of the parts of the ocean which had the greatest influence on the atmosphere (the parts of the Atlantic Ocean showing the strongest connection with the Azores maximum in our case).

### Used Data and Methods

The data on the change of the surface temperature of the Atlantic Ocean given in the net of 5x5° were used for the exploration of the connection between the subtropical part of the Atlantic Ocean and the Azores maximum. The data were obtained from the British Atmospheric Data Centre ([www.badc.nerc.ac.uk](http://www.badc.nerc.ac.uk)) and they have been for the period 1850-2005. However, due to larger number of the missing data, the series of 1918-2005 was used, i.e. due to the series on the Azores maximum 1918-1994. The data on the Azores maximum

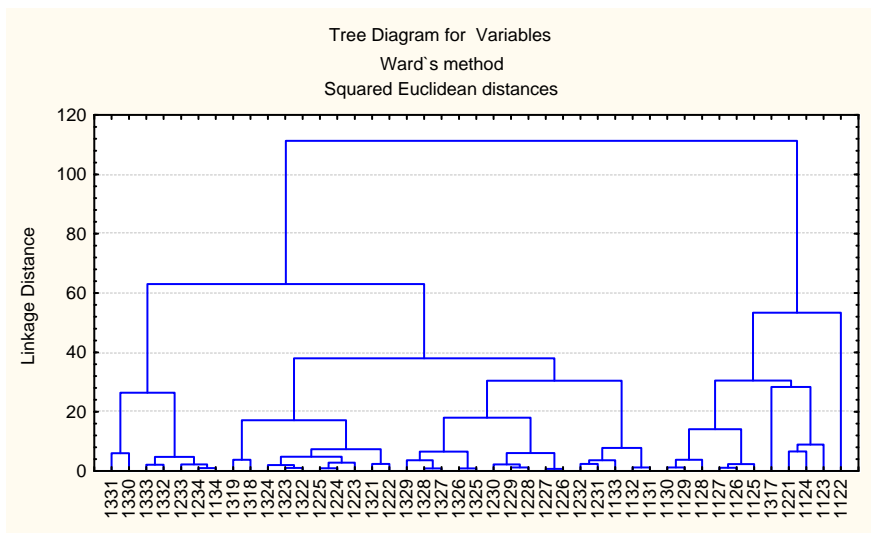
---

\* This paper represents research results of the 146011 project, financed by the Ministry of science and technological development of the Republic of Serbia

were obtained in the personal correspond with Hermann Machel<sup>1</sup> referring to the period from 1888 to 1994. Due to the mid position of the Azores maximum ( $\bar{\varphi}=34,13^\circ$ ;  $\bar{\lambda}=32,51^\circ$ ), the subtropical belt of the Atlantic Ocean was observed in latitudes from 25-40° N. There are 43 grid cells in this belt.

The data on the mean annual values were analysed in the paper from the Belgrade Observatory (period 1888-1994), as well as from 18 meteorological stations in Serbia (period 1949-1994). The data were used from the following stations: Belgrade, Dimitrovgrad, Kikinda, Kragujevac, Krusevac, Negotin, Nis, Novi Sad, Palic, Prizren, Sjenica, Smederevska Palanka, Sombor, Valjevo, Veliko Gradiste, Vranje, Zajecar and Zlatibor. The same methodology and the software packages were applied as in the paper Milovanovic, B, et al. (2009), while the emphasis of the research was put on the identification of the parts of the subtropical Atlantic which showed the strongest connection with the Azores maximum, as well as the linkage between the elements of this action centre (geographical latitude, geographical longitude, intensity) and the air temperature in Belgrade and Serbia.

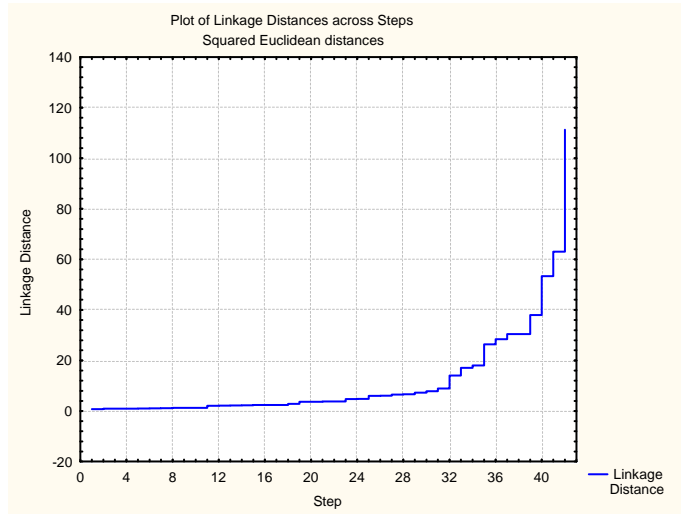
Ten clusters were selected by the cluster analysis (Graph 1, Map 1), while the grid cells 1122 and 1317 represented the individual variables.



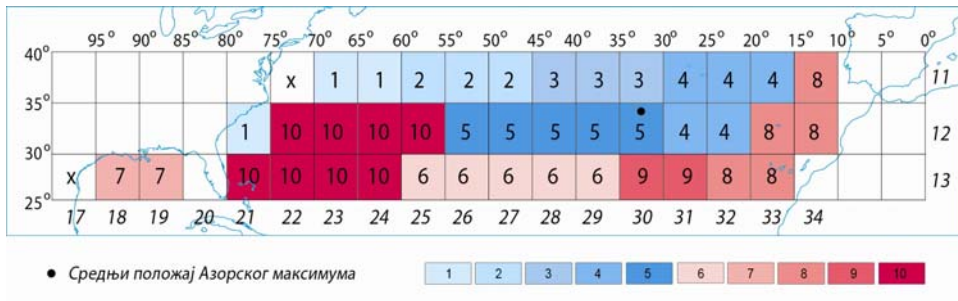
**Graph 1. Tree Diagram of grid cells of the subtropical Atlantic**

Instead of describing the coordinates which define each grid cell, they will be named as the numerical sign which is the line-column combination, due to economy and functionality of the representation. The belonging of each grid cell to certain cluster was given in the same colour and numerical sign on the map. This number of clusters was decided to be chosen on the basis of the diagram of the distance throughout the each step of the cluster analysis (Graph 2).

<sup>1</sup> Dr. Hermann Machel, KU21 Projekt: KLIDADIGI, Deutscher Wetterdienst Kaiserleistr. 44 63067 Offenbach am Main.

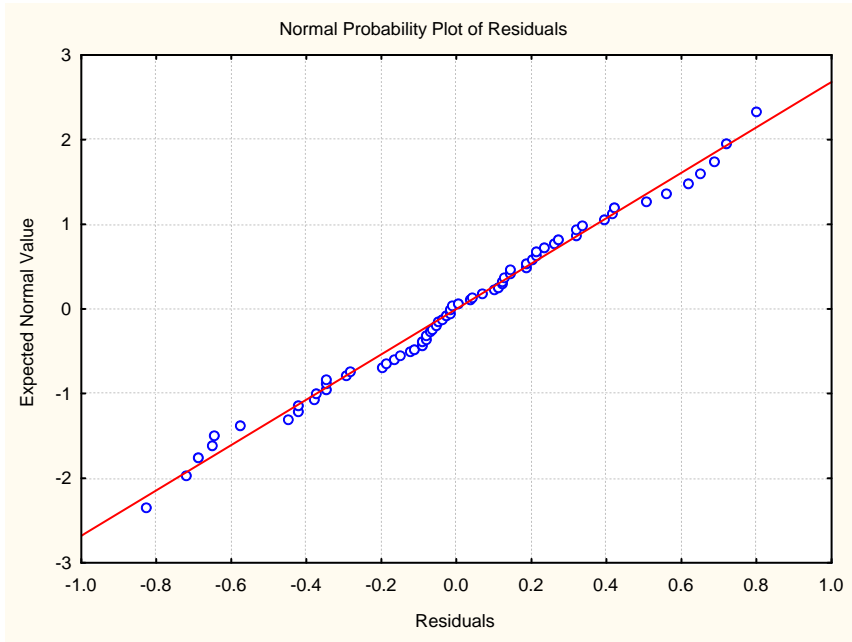


**Graph 2. Diagram of distance throughout each step of cluster analysis**

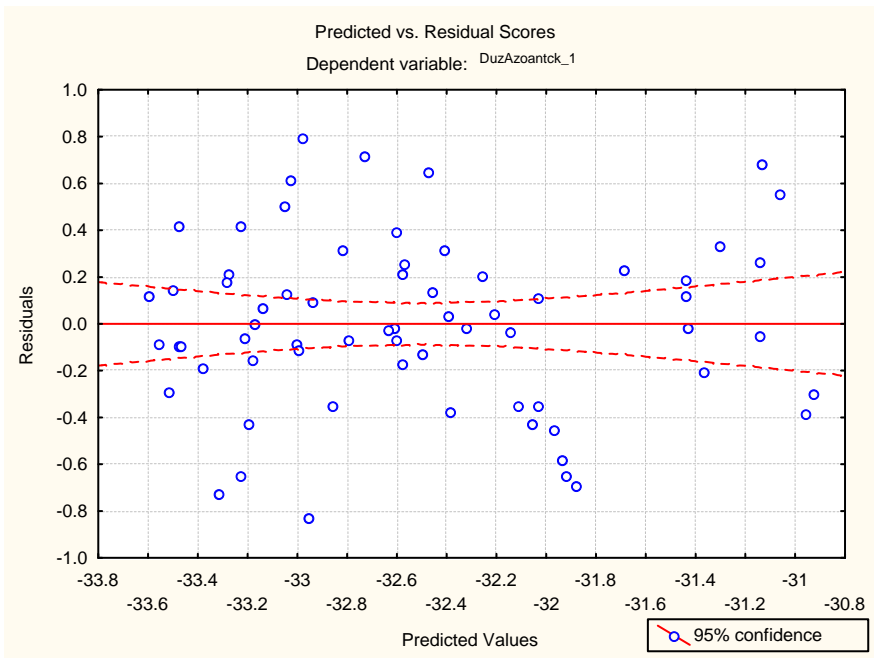


**Map 1. Spatial distribution of clusters in the subtropical Atlantic**

The linkage between the obtained clusters and the Azores maximum was examined by the multiple-linear regression (Wolter, K., 1987). This method was chosen on the basis of the analysis of residuals. More significant residual deviations from the normal distribution were not noticed in any of the tested regression models, nor the indices of the non-linear relation existed (Graphs 3 and 4).



**Graph 3. Typical distribution of residuals in applied models of multiple-linear regression**



**Graph 4. Typical relation of the predicted values and residuals in the applied models of the multiple-linear regression**

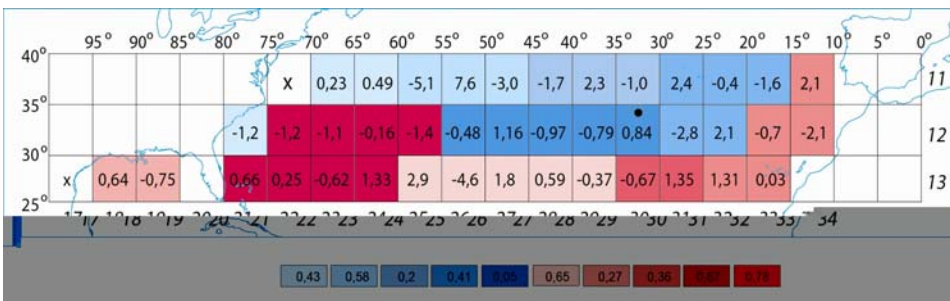
## Results

If the geographical latitude of the Azores maximum (Map 2) is observed, the cluster 10 covers the highest per cent of the variance. About 82% (adapted  $R^2$ -0.82) of this variability can be explained by the changes of water temperatures in this part of the Atlantic Ocean, while the grid cells 1223 and 1321 have the largest contribution. Since this is the largest cluster (it consists of eight variables), the grid cells 1224 and 1324 were removed having relatively small contribution to the explanation of the variance of the geographical latitude of the Azores maximum. However, the adapted coefficient of the determination remained stable and it was about 0.82 (adapted  $R^2$ -0.826). The cluster 6 also covers high per cent of variance (about 78%).



**Map 2: Spread of the geographical latitude variance of the Azores maximum and  $\beta$  coefficients for each grid cell within obtained clusters**

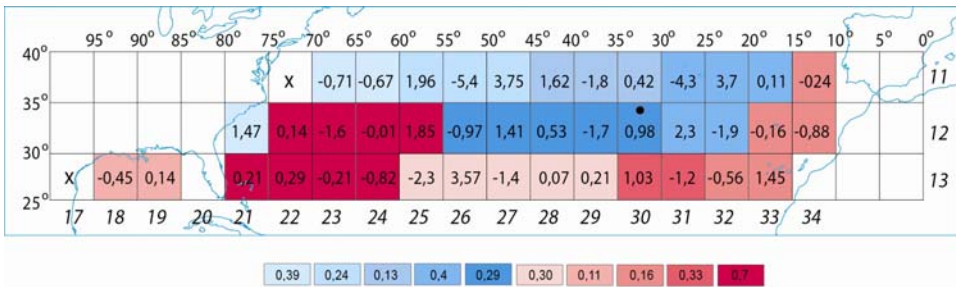
Moreover, in the case of the geographical longitude of the Azores maximum (Map 3), the cluster 10 covers the highest per cent of the variance-about 78% (adapted  $R^2$ -0.783), while the grid cells 1324, 1222, 1223 and 1225 have the largest contribution. Removing less significant grid cells 1322, 1323 and 1224, the value of adapted coefficient of determination was not changed much (adapted  $R^2$ -0.781). The clusters 6 ( $R^2$ -0.648) and 9 ( $R^2$ -0.671) also have relatively high adapted coefficient of determination.



**Map 3: Spread of the geographical longitude variance of the Azores maximum and  $\beta$  coefficients for each grid cell within obtained clusters**

In regard of the intensity of the Azores maximum (Map 4), the cluster 10 covers the highest per cent of the variance. About 70% (adapted  $R^2$ -0.70) of this variable variance can be explained by the changes of the water temperature in this cluster. The grid cells 1225, 1223 and 1324 have the largest contribution. When only previously mentioned cells are left

in the regressive model, as well as the grid cell 1321, the adapted coefficient of determination is 0.715 and it is a little higher than when all grid cells are involved.



**Map 4: Spread of the intensity variance of the Azores maximum and  $\beta$  coefficients for each grid cell within obtained clusters**

On the movable decadal level, all correlation coefficients between the elements of the Azores anticyclone and air temperature in Belgrade show the statistical significance on the level of confidence of 95%. The strongest linkage is between geographical latitude of the Azores maximum and air temperature in Belgrade (Table 1). When the linkage between air temperature in Serbia and the position and the intensity of the Azores maximum is observed, the statistically significant correlation is only at geographical latitude of this action centre.

**Table 1. Coefficients of correlation between the position and the intensity of the Azores maximum and temperature in Belgrade and Serbia**

	Geographical longitude of the Azores maximum	Geographical latitude of the Azores maximum	Intensity of the Azores maximum
T <sub>Београд</sub>	0.54	0.65	-0.35
T <sub>Србија</sub>	-0.32	-0.38	0.18

It is important to point out that it is two different series of data about (data for Belgrade refer to the period 1888-1994; for Serbia in the whole 1949-1994) and the correlation sign is different and considerably smaller in the period 1949-1994, which could indicate that in this period some other factor influenced the temperature changes in Serbia. Taking into consideration that Milovanovic, B, et al, (2009) noticed significant connection between geographical longitude of the Icelandic minimum and air temperature in Belgrade and Serbia, this variable and geographical latitude of the Azores maximum were entered into the linear regression model as the predictors, while the dependents were again the air temperatures in Belgrade and Serbia (Table 2).

Based on the results from the Table 2, it can be concluded that the position of the action centres above the Atlantic Ocean plays significant role in the air temperature changes in Belgrade and Serbia. About 62% of the variance of the movable decadal air temperatures in Belgrade and almost 80% of the variance of movable decadal air temperatures in Serbia can be explained by the changes in geographical longitude of the Icelandic minimum and geographical latitude of the Azores maximum. Both regression coefficients are significant statistically, while the influence of geographical longitude of the Icelandic minimum is higher.

**Table 2. Basic results of the multiple-linear regression application for air temperature in Belgrade and Serbia**

Air Temperature in Belgrade							
	Beta coefficient	Tolerance	Partial R	Adapted R <sup>2</sup>	t statistic / Level of significance of predictor p<	Number of cases	F statistic / Level of significance of model p<
Geographical latitude of the Azores maximum	0.285	0.607	0.344	0.624	3.56/0.001	97	80.7/0.001
Geographical longitude of the Icelandic minimum	-0.58	0.607	-0.600		-7.27/0.001		
Air temperature in Serbia							
	Beta coefficient	Tolerance	Partial R	Adapted R <sup>2</sup>	t statistic / Level of significance of predictor p<	Number of cases	F statistic / Level of significance of model p<
Geographical latitude of the Azores maximum	-0.494	0.981	-0.747	0.799	-6.46/0.001	36	70.7/0.001
Geographical longitude of the Icelandic minimum	-0.823	0.981	-0.882		-10.8/0.001		

## Conclusion

Applying the hierarchical cluster analysis to the data on the surface temperature of the subtropical Atlantic, 10 clusters were selected. Their connection with the Azores maximum was explored by the multiple-linear regression. The cluster 10 covers the highest per cent of the variance of the geographical latitude of this action centre (about 82%), i.e. the cluster 6 (about 78%). In the cluster 10, the grid cells 1321 (area between 25-30°N; 75-80°W) and 1223 (area between 30-35°N; 65-70°W) are of the greatest significance. Also, in regard of geographical latitude and the intensity of the Azores maximum, the cluster 10 covers the highest per cent of the variance (about 78%, i.e. 70%), while the grid cell 1225 is the most significant in both cases (area between 30-35°N; 55-60°W).

In regard of the linkage between the position and the intensity of the Azores maximum and the air temperature in Belgrade and Serbia, the correlation between geographical latitude of this action centre and temperature proved to be the strongest one, while all coefficients of the correlation between air temperature in Belgrade and the Azores maximum were statistically significant on the level of confidence of 95%, whereas in the case of air temperature in Serbia, the statistically significant connection was only for geographical latitude of this action centre. Since the data series for air temperature in Belgrade and Serbia are of different length, it is important to emphasize that the correlation sign is different and considerably smaller in the period 1949-1994, which would point out that in this period some other factor influenced the air temperature changes in Serbia. If the data on the Icelandic minimum (its geographical longitude) are involved in the regression

model, the per cent of the variance spread of the movable decadal air temperatures in Belgrade and Serbia is about 62%, i.e. approximately 80%. The obtained results have pointed to the necessity of further research which would include the mutual effect of interior and exterior climate factors (Milovanovic, B., Radovanovic, M., 2009).

### **Acknowledgement**

The authors are grateful to Dragoljub Štrbac and MSc Milovan Milivojević from the Geographical Institute “Jovan Cvijić”, SASA, for the processing of data on the surface water temperature of the Atlantic Ocean and the making of maps of the subtropical belt of the Atlantic Ocean. The authors are also grateful to Hermann Machel for data on the Azores maximum.

### **References**

See References on page 76