ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ СОФИЯ

Том Volume 56 2023 Брой Issue 2

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY SOFIA

Получена: 03.01.2023 г.
Приета: 01.03.2023 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГИС ЗА ПРОСЛЕДЯВАНЕ НА КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ ЗА ТЕРИТОРИЯТА НА БЪЛГАРИЯ

Т. Илиева[1], Б. Николова[2]

Ключови думи: *ГИС, ГИС анализи, моделиране на данни, проследяване на климатични промени, определяне на тенденции*

РЕЗЮМЕ

България се намира в регион, който е засегнат от изменението на климата. Това се изразява основно в повишаване на температурата и количествата валежи. Рисковете, свързани с изменението на климата, могат да доведат до различни природни бедствия, засягайки икономическия растеж и благосъстоянието на национално ниво.

В настоящото изследване се разглежда възможността ГИС да се прилагат като инструмент за извеждане на модели и определяне на тенденциите в изменението на климата за територията на страната, на база анализ на различните климатични фактори и елементи.

За създаването на модела са използвани данни от метеорологичните станции за територията на страната, а също и данни за релеф на терена, населени места и други. Направена е съпоставка по години за периода след 2000 г. до момента и са изведени основните тенденции в измененията.

1. Въведение

Темата за изменението на климата, наред със замърсяването в големите градове, опазването на природата, различните природни бедствия и изразходването на природните ресурси е една от най-дискутираните през последните години.

[1] Тамара Илиева, гл. ас. д-р инж., кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: ilieva_tamara@yahoo.com

[2] Боряна Николова, ас. инж., кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: bnikolova_fgs@uacg.bg

Климатът е закономерна последователност на атмосферните процеси и се дефинира като многогодишен режим на времето, който е характерен за дадена географска област. Той има голямо значение за хората и се обуславя от редица фактори, които действат едновременно, като основните от тях са [1, 2]:

- географски фактори – тук се включват географското положение, влиянието на близостта до водни басейни, релефът на терена;
- радиационни фактори – продължителност на слънчево греене, височина на слънцето над хоризонта и други;
- циркулационни фактори – преносът на различни въздушни маси над територията (основно влияние за климата на България имат умерените въздушни маси);
- антропогенни фактори – тук се включва влиянието на стопанската дейност върху климатичните елементи.

Всеки от тези фактори е съставен, т.е. напр. влиянието на релефа върху климата на дадена територия е основно чрез надморската височина, но има влияние също и заради вида на земните форми (вдлъбнати или изпъкнали), изложението и т.н.

Климатът на дадена територия се характеризира чрез количествените показатели и промяната в стойностите на елементите: температура на въздуха, атмосферно налягане, ветрове, влажност на въздуха, облачност и валежи [1, 2].

На фиг. 1 са представени географското местоположение и климатичните зони за територията на България.

България се намира в източната част на Балканския полуостров, където се проявяват различни климатични влияния. От запад, югозапад и изток най-голямо влияние се наблюдава съответно от Атлантически океан, Средиземно море и Черно море, а от северозапад и североизток на континенталната част на Европа и на различни въздушни маси от Северна Африка, Предна Азия и Арктика [1, 3].

Територията на България се поделя на 5 климатични области или зони (умерено-континентална, преходно-континентална, преходно-средиземноморска, черноморска и планинска), всяка от които се е сформирала под влиянието на климатичните фактори и териториалното проявление на климатичните елементи [1 – 4].

Фиг. 1. Географско местоположение и климатични зони на територията на България

Целта на настоящото изследване е да се проследят климатичните промени за територията на България като се използват и възможностите на ГИС за установяване на тенденциите в изменението, като се отчетат особеностите за всяка от климатичните зони.

Първоначалната идея е за 28 станции на територията на страната да се изведат тенденциите и да се направи модел на измененията на изследваните климатични елементи. След първоначалния преглед на наличните данни обаче е установено, че не за всички станции е налична информация за целите периоди, които се разглеждат, а и не за всички изследвани климатични елементи са налични данни от идентични станции, затова и направените анализи включват само тези станции, за които има данни.

2. Използвани изходни данни и методология на изследването

За целите на изследването са използвани следните изходни данни:

- данни за климатичните фактори:
  - данни за географско местоположение на станциите на НИМХ [5];
  - данни за надморска височина и релеф [6];
  - данни от сканирана карта на климатичните зони, публикувана през 1991 г. [7];
- данни за климатичните елементи:
  - данни за температура на въздуха от месечни и годишни обобщения по срочни синоптични данни за периода 2000 – 2020 г.;
  - данни за месечни обобщения на валежите за периода 2005 – 2020 г.;
  - данни за снежна покривка от месечни обобщения за месеците от октомври до май за периода 2005 – 2020 г.;
  - данни за слънчевото греене от месечни обобщения за периода 2005 – 2020 г.

Посочените данни за изследваните климатични елементи са използвани в таблична форма от [8], като са взети само такива, които са за станции на НИМХ. За конкретните данните в сайта е записано, че са директни, т.е. че се ползват в интернет страницата от друг източник. Записано е също, че в тях може да има неточности и липси, поради което следва данните да се тълкуват с повишено внимание. Оттук трябва да се има предвид и това, че валидността на изводите, които са направени в настоящото изследване, е на база наличните данни, т.е. ако изходните данни са различни, то и изводите може да са други.

Всички описани по-горе данни са въведени в среда на Quantum GIS по следния начин:

1) въведени са с географски координати станциите от НИМХ по списъка в [5];
2) добавени са географски координати (чрез откриване на съответния обект в Google Earth) и са отчетени височини (от [6]) за някои от станциите, за които е установено, че липсват данни в [5];
3) отделени са тези от станциите, за които са установени налични данни за съответните климатични елементи в целите изследвани периоди;
4) за всяка станция са добавени данни с релация към табличните данни в отделни слоеве за всеки от изследваните климатични елементи;

5) картата на климатичните зони е георeферирана и са дигитализирани границите им, след което за всяка станция е добавена атрибутна информация за зоната, в която попада;

6) всички данни са приведени в единна проекционна и височинна система, за да бъде улеснена последващата работа с тях.

Изпълнени са анализи с въведените към станциите атрибутни данни за температура на въздуха, валежи, снежна покривка и слънчево греене – използван е Field Calculator, който позволява бързо изпълнение на заявки за осредняване на данните по периоди, изчисляване на разлики, сортиране и т.н. Резултатите са получени в таблична форма, но след това са онагледени с помощта на Microsoft Excel, тъй като възможностите на ГИС софтуера за представяне на графики с данни от различни редове и колони на атрибутните таблици не са на толкова високо ниво.

Предвид това обаче, че се използват съвместно векторни и растерни данни в различни координатни системи, данни за височини и множество таблици с други данни, то използването на ГИС софтуер в случая е изключително удобно.

3. Получени резултати от изпълнените анализи за проследяване на измененията на изследваните климатични елементи

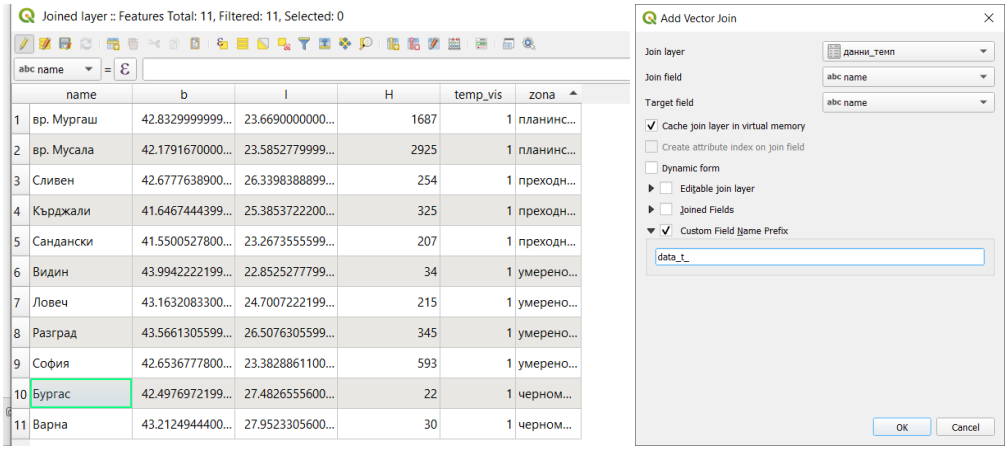
Изпълнени са анализи за проследяване на измененията на температурата на въздуха, валежи, снежна покривка, слънчево греене. Получените резултати са представени в т. 3.1 до 3.4. По-подробно са описани анализите в ГИС среда в т. 3.1, а останалите са почти идентични, като единствено се отнасят за различни атрибутни данни.

3.1. Анализ на данни за температурата на въздуха

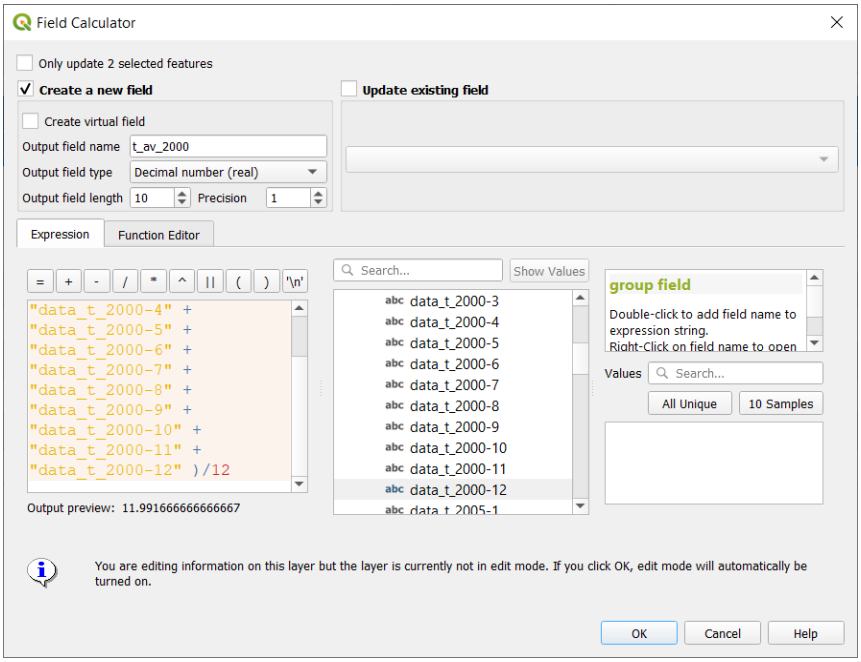
В България средногодишната температура за страната се приема между 10° и 14 °C, като в зависимост от географското положение и сезоните има вариация на стойностите. Главната особеност на този показател е, че има ясно изразена зависимост и от надморската височина. В планинските райони средногодишната температура е с много по-ниска стойност [1, 4, 9].

Изпълнени са два анализа по отношение на температурата на въздуха. Използвани са обобщени данни за средна месечна температура на въздуха за периода 2000 – 2020 г., които са налични за 11 станции на НИМХ на територията на страната. За представянето на резултатите са взети с интервал от 5 години.

Станциите, за които има данни за температура на въздуха за изследвания период са отделени в нов слой с използване на селекция и извеждане в нов слой чрез функцията на софтуера Save Selected features as. Добавени са данни за климатичната зона, в която попада всяка станция с използване на Join Attributes by location. Добавени са данни за температурата на въздуха за избраните години в изследвания период, като атрибутните данни са „прикачени“ към обектите с релация по име на станция (фиг. 2). На фиг. 3 е представено прилагането на Field Calculator за изчисляване на средната годишна температура на въздуха по станции. По аналогичен начин с изпълнение на операции по колони са изчислени и разликите в средните годишни стойности. При изчисленията за станциите по зони е използвана опцията Only Update Selected Features на Field Calculator, за да се актуализират само полетата, които са маркирани.



Фиг. 2. Данни за станции с добавени атрибути за климатичната зона и релация за добавяне на данни за температура на въздуха за избраните години в изследвания период



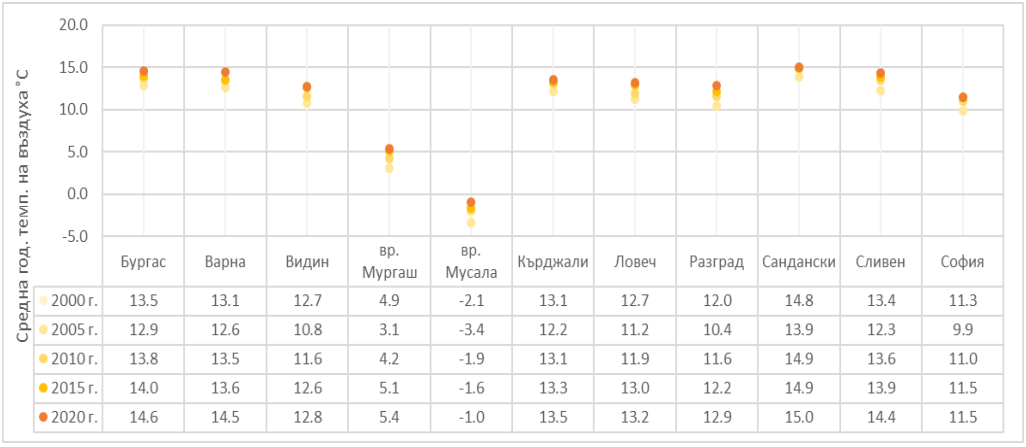
Фиг. 3. Пример за използване на Field Calculator при изчисляване на средната годишна температура на въздуха по станции

При изчисленията за средни стойности от всички станции са добавени допълнителни редове за фиктивен обект по средни стойности на дадена колона на атрибутната таблица. Полетата в този ред са изчислени с функции от типа aggregate(layer:='stations_temp_зона',aggregate:='sum',expression:="data_t_2000-10")/11.

След изчисленията данните по колони и редове са прехвърлени с копиране в среда на Microsoft Excel и са визуализирани като графики. Това е направено с цел да се онагледят по-компактно и разбираемо резултатите, предвид това, че ГИС софтуерът не разполага с толкова мощни инструменти за създаване на диаграми.

При първия изпълнен анализ е разгледана средната годишна температура и измененията по станции. Резултатите са показани на фиг. 4 и 5.

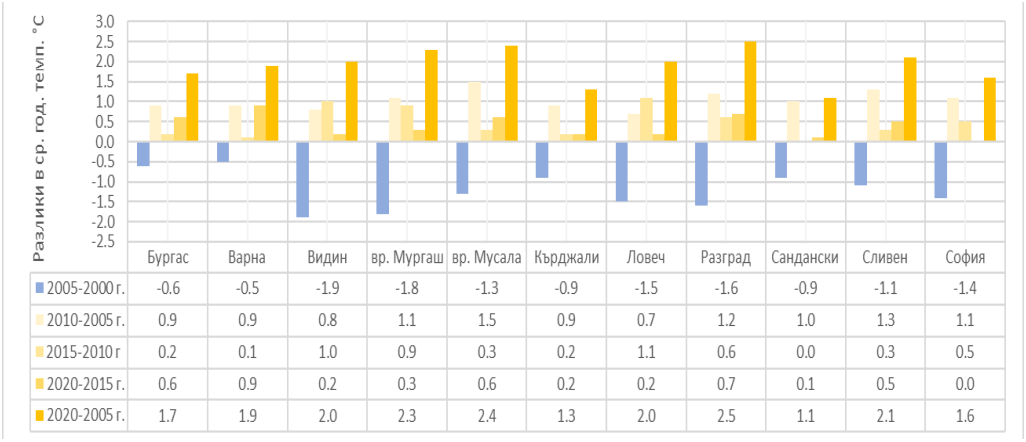
На фиг. 4 е показана средната годишна температура на въздуха по станции за съответните години. Вижда се, че тенденцията е към общо увеличение за последните 15 години, като средно изменението за 5-годишен интервал е от порядъка на +0,5 °C.



	Бургас	Варна	Видин	вр. Мургаш	вр. Мусала	Кърджали	Ловеч	Разград	Сандански	Сливен	София
2000 г.	13.5	13.1	12.7	4.9	-2.1	13.1	12.7	12.0	14.8	13.4	11.3
2005 г.	12.9	12.6	10.8	3.1	-3.4	12.2	11.2	10.4	13.9	12.3	9.9
2010 г.	13.8	13.5	11.6	4.2	-1.9	13.1	11.9	11.6	14.9	13.6	11.0
2015 г.	14.0	13.6	12.6	5.1	-1.6	13.3	13.0	12.2	14.9	13.9	11.5
2020 г.	14.6	14.5	12.8	5.4	-1.0	13.5	13.2	12.9	15.0	14.4	11.5

Фиг. 4. Средна годишна температура на въздуха по станции

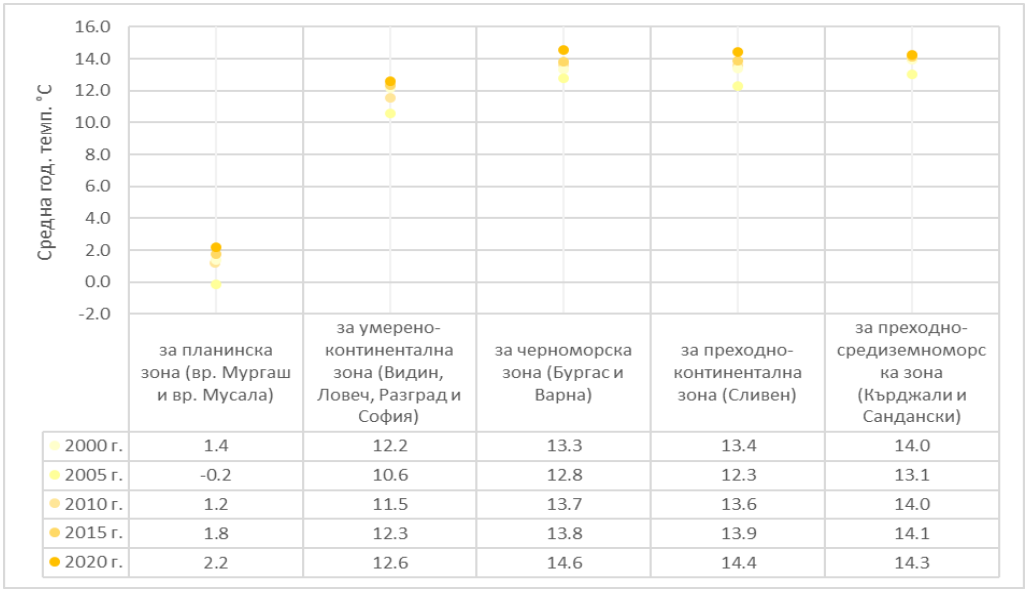
На фиг. 5 са показани разликите в средната годишна температура на въздуха по станции през 5 години, а също е изчислена и общата разлика за периода от 2005 г. до 2020 г. Вижда се, че общото изменение за последния период е около +2 °C. Само за станциите Сандански и Кърджали, които са разположени в най-южните части на страната общото изменение е около +1 °C.



	Бургас	Варна	Видин	вр. Мургаш	вр. Мусала	Кърджали	Ловеч	Разград	Сандански	Сливен	София
2005-2000 г.	-0.6	-0.5	-1.9	-1.8	-1.3	-0.9	-1.5	-1.6	-0.9	-1.1	-1.4
2010-2005 г.	0.9	0.9	0.8	1.1	1.5	0.9	0.7	1.2	1.0	1.3	1.1
2015-2010 г	0.2	0.1	1.0	0.9	0.3	0.2	1.1	0.6	0.0	0.3	0.5
2020-2015 г.	0.6	0.9	0.2	0.3	0.6	0.2	0.2	0.7	0.1	0.5	0.0
2020-2005 г.	1.7	1.9	2.0	2.3	2.4	1.3	2.0	2.5	1.1	2.1	1.6

Фиг. 5. Данни за разликите в средната годишна температура на въздуха по станции

На фиг. 6 са показани осреднени резултати за средната годишна температура на въздуха, групирани по станции, предвид принадлежността им към определена климатична зона.

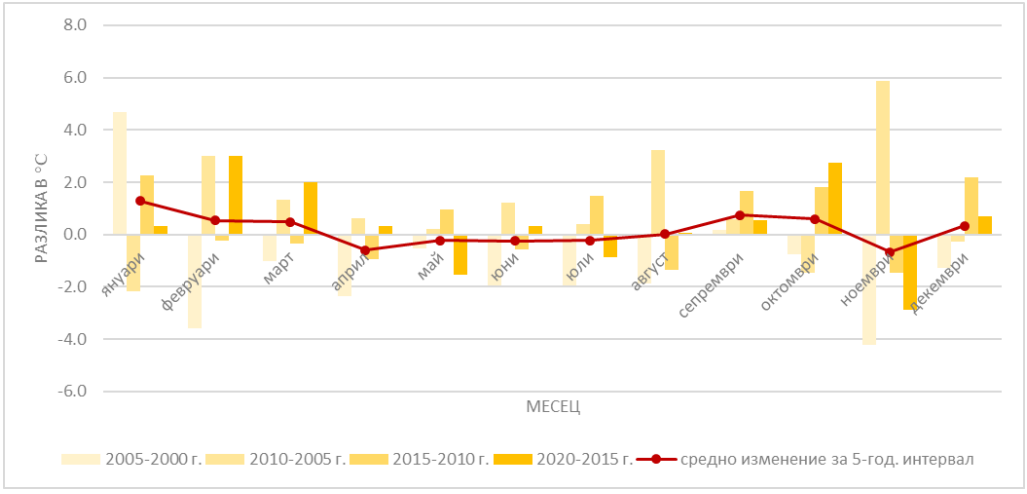


	за планинска зона (вр. Мургаш и вр. Мусала)	за умерено-континентална зона (Видин, Ловеч, Разград и София)	за черноморска зона (Бургас и Варна)	за преходно-континентална зона (Сливен)	за преходно-средиземноморска зона (Кърджали и Сандански)
2000 г.	1.4	12.2	13.3	13.4	14.0
2005 г.	-0.2	10.6	12.8	12.3	13.1
2010 г.	1.2	11.5	13.7	13.6	14.0
2015 г.	1.8	12.3	13.8	13.9	14.1
2020 г.	2.2	12.6	14.6	14.4	14.3

Фиг. 6. Данни за средната годишна температура на въздуха – осреднена за станциите, които са групирани по климатични зони

При втория изпълнен анализ е разгледана средната месечна температура за всички станции. Изчислени са осреднени разлики за 5-годишни интервали в дадения период.

Установено е повишаване на температурата на въздуха основно през есента и зимата с до 1,3 °C и минимално понижаване през пролетта и лятото с до 0,6 °C. Резултатите са представени на фиг. 7.

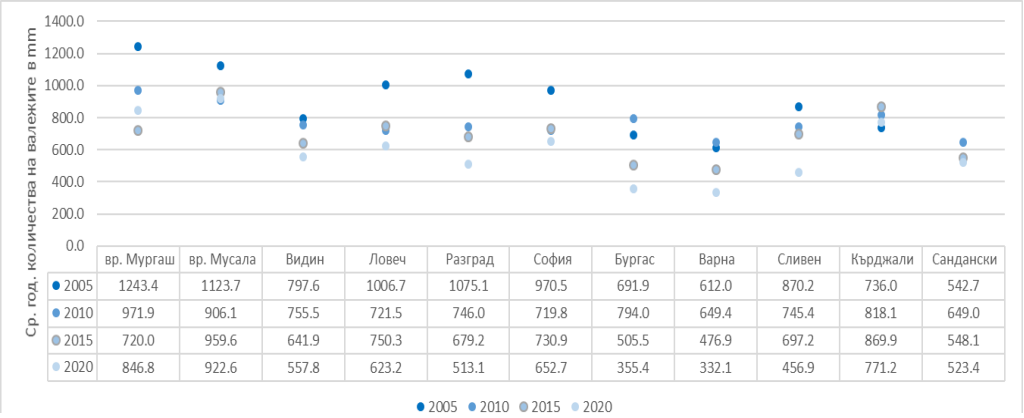


Фиг. 7. Осреднени разлики за средната месечна температура на въздуха за всички станции, взети през 5 години в периода 2000 – 2020 г.

3.2. Анализ на данни за валежи

Валежите на територията на страната са разпределени неравномерно в зависимост от географското местоположение, релефа, надморската височина и други. Средногодишните валежи се изменят в много широки граници – от 500 – 600 mm в равнинните райони до над 1000 mm в планинските райони [1, 4, 9].

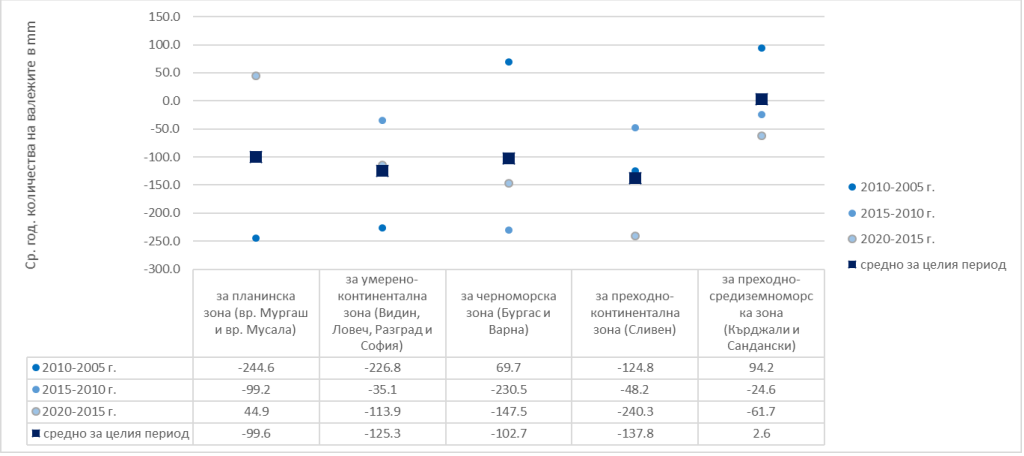
Данни за валежите са налични за периода от 2005 до 2020 г. за същите 11 станции на територията на страната. Средно годишното количество на валежите по станции е показано на фиг. 8.



	вр. Мургаш	вр. Мусала	Видин	Ловеч	Разград	София	Бургас	Варна	Сливен	Кърджали	Сандански
2005	1243.4	1123.7	797.6	1006.7	1075.1	970.5	691.9	612.0	870.2	736.0	542.7
2010	971.9	906.1	755.5	721.5	746.0	719.8	794.0	649.4	745.4	818.1	649.0
2015	720.0	959.6	641.9	750.3	679.2	730.9	505.5	476.9	697.2	869.9	548.1
2020	846.8	922.6	557.8	623.2	513.1	652.7	355.4	332.1	456.9	771.2	523.4

Фиг. 8. Средно годишно количество на валежите за периода по станции

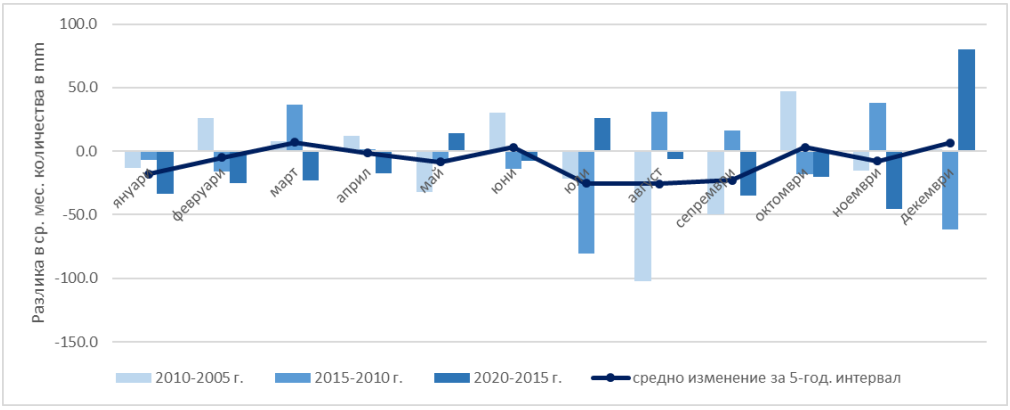
Направено е групиране според това в коя климатична зона попада съответната станция. Стъпката, с която са разгледани измененията и тук е взета със стойност 5 години. Установена е обща тенденция на понижаване на количествата на валежите през последните години (фиг. 9), като най-малки са разликите за преходно-средиземноморската зона.



	за планинска зона (вр. Мургаш и вр. Мусала)	за умерено-континентална зона (Видин, Ловеч, Разград и София)	за черноморска зона (Бургас и Варна)	за преходно-континентална зона (Сливен)	за преходно-средиземноморска зона (Кърджали и Сандански)
2010-2005 г.	-244.6	-226.8	69.7	-124.8	94.2
2015-2010 г.	-99.2	-35.1	-230.5	-48.2	-24.6
2020-2015 г.	44.9	-113.9	-147.5	-240.3	-61.7
средно за целия период	-99.6	-125.3	-102.7	-137.8	2.6

Фиг. 9. Данни за средно годишно количество на валежите – осреднено за станциите, групирани по климатични зони

Данните по години за всички станции са осреднени по месеци и са изчислени разликите за всеки 5 години в посочения период (фиг. 10). Установено е понижаване на количествата валежи почти през цялата година, но максимални разлики има през м. юли, август, септември и януари.



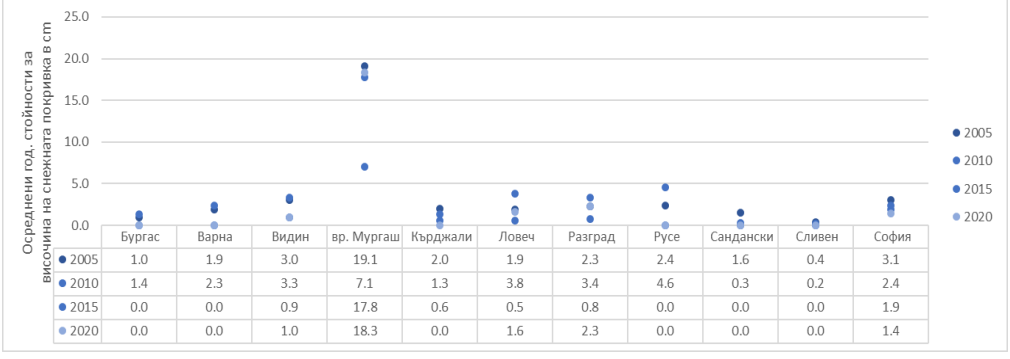
Фиг. 10. Осреднени разлики в месечните количества на валежите за всички станции за 5-годишни интервали в периода 2005 – 2020 г.

3.3. Анализ на данни за снежна покривка

В България се формира непостоянна снежна покривка. Сняг има основно през зимата, като в ниските части на страната покривката се задържа от декември до март, а по Черноморското крайбрежие и на юг от Стара планина – в периода януари-февруари. Изолирани валежи от сняг могат да се проявят и през други периоди от годината (ноември и април), но тогава не се формира трайна снежна покривка.

В планинските райони с 1000 – 1500 m надморска височина снежната покривка има трайност 4 – 5 месеца, а над 2000 m – от 7 до 9 месеца [1, 4, 9].

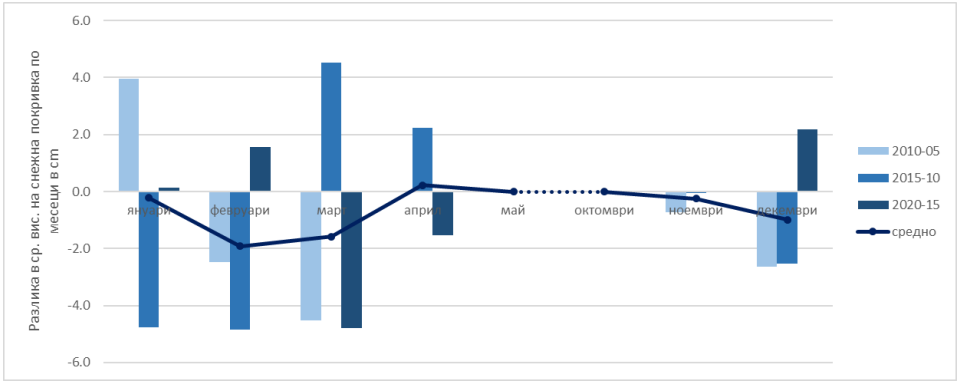
Данни за снежна покривка са налични за 11 станции на територията на страната в периода 2005 – 2020 г. Средната височина на снежната покривка е получена в cm при осредняване за всички дни от месеца. Осреднените данни за станциите през 5 години в периода 2005 – 2020 г. са представени на фиг. 11.



	Бургас	Варна	Видин	вр. Мургаш	Кърджали	Ловеч	Разград	Русе	Сандански	Сливен	София
2005	1.0	1.9	3.0	19.1	2.0	1.9	2.3	2.4	1.6	0.4	3.1
2010	1.4	2.3	3.3	7.1	1.3	3.8	3.4	4.6	0.3	0.2	2.4
2015	0.0	0.0	0.9	17.8	0.6	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	1.9
2020	0.0	0.0	1.0	18.3	0.0	1.6	2.3	0.0	0.0	0.0	1.4

Фиг. 11. Осреднени годишни стойности за височина на снежна покривка по станции за всеки 5 години в периода 2005 – 2020 г.

Данните за всички станции са осреднени по месеци и са изчислени разликите за 5-годишни интервали в периода (фиг. 12).



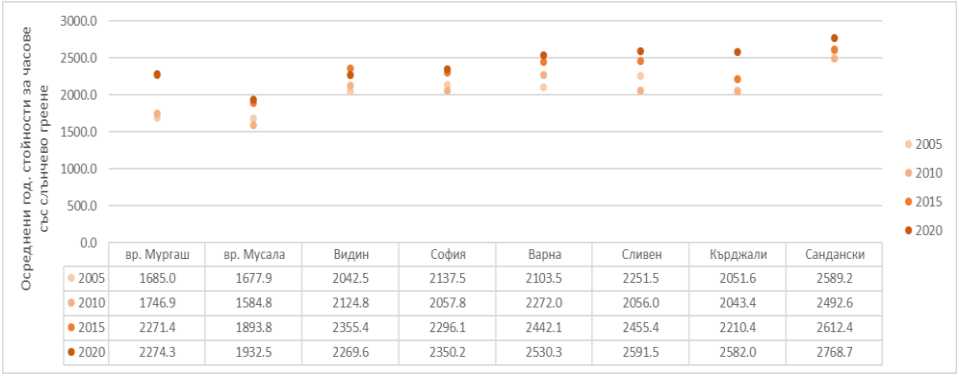
Фиг. 12. Осреднени разлики във височината на снежната покривка за всички станции през 5 години в периода 2005 – 2020 г.

Установена е обща тенденция на понижаване на височината на снежната покривка, като максимални разлики има за северната част на страната и в планините, а по отношение на разпределението на данните по месеци – най-голямо понижение има в стойностите през м. декември, февруари и март.

3.4. Анализ на данни за слънчево греене

Количеството и режимът на слънчевата радиация се обуславят от географската ширина и режима на облачността. Сравнително малката облачност в извънпланинските територии е благоприятна предпоставка за по-продължително и по-интензивно слънчево греене.

За географската ширина, на която се намира България, е възможно слънчево греене 4400 – 4500 часа годишно. Поради облачността действителното слънчево греене обаче е 2100 – 2400 часа годишно [1, 4, 9].



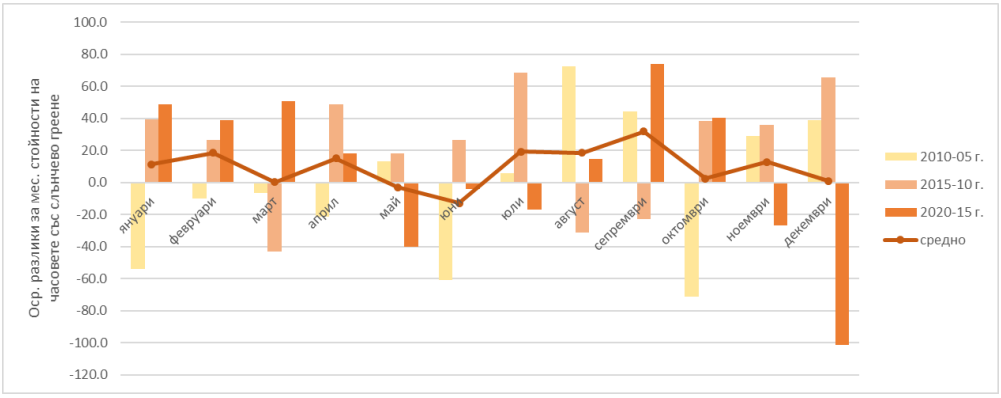
	вр. Мургаш	вр. Мусала	Видин	София	Варна	Сливен	Кърджали	Сандански
2005	1685.0	1677.9	2042.5	2137.5	2103.5	2251.5	2051.6	2589.2
2010	1746.9	1584.8	2124.8	2057.8	2272.0	2056.0	2043.4	2492.6
2015	2271.4	1893.8	2355.4	2296.1	2442.1	2455.4	2210.4	2612.4
2020	2274.3	1932.5	2269.6	2350.2	2530.3	2591.5	2582.0	2768.7

Фиг. 13. Осреднени годишни стойности по станции за часовете със слънчево греене за всеки 5 години в периода 2005 – 2020 г.

Данни от месечни обобщения за периода 2005 – 2020 г. са налични за 8 станции на територията на страната. Данните са групирани според това в коя климатична зона попада съответната станция. Стъпката, с която са разгледани измененията, е 5 години.

Обобщени данни по станции за часовете със слънчевото греене по години са представени на фиг. 13.

Данните за всички станции по месеци са осреднени и са изчислени разликите за всеки 5 години в разглеждания период (фиг. 14).



Фиг. 14. Осреднени месечни разлики за всички станции за часовете със слънчево греене за 5-годишни интервали в периода 2005 – 2020 г.

Установена е тенденция на увеличаване на броя на часовете със слънчево греене през цялата година, с изключение на м. май и юни.

4. Обобщение на получените резултати и заключителни бележки

Въпреки, че не е реализирана първоначалната идея, която включва анализ на данни от 28 станции за територията на страната и извеждането на модел на измененията на съответните климатични елементи, на базата на данните от по-малък брой станции все пак са установени тенденции в измененията. Като обобщение на резултатите относно изменението на климатичните елементи може да се каже, че е установено:

- повишаване на температурата на въздуха най-вече през зимните месеци;
- понижаване на количествата валежи почти през цялата година;
- понижаване на височината на снежната покривка през зимните месеци;
- увеличаване на броя на часовете със слънчево греене през цялата година.

Според [2] в световен мащаб тенденциите на измененията са към по-високи температури на въздуха, по-високи температури на океаните и моретата, по-висока влажност, намаляване на снежната покривка, покачване на морското равнище и намаляване на морския лед. Установените в рамките на изследването резултати не противоречат на тези тенденции, но тук е мястото отново да се отбележи, че валидността на изводите, които са направени в настоящото изследване, е на базата на наличните данни, т.е. ако изходните данни са различни, то и изводите може да са други.

Що се отнася до това, доколко ролята на ГИС е значима при направените анализи, може да се каже, че основните предимства на този тип системи са следните:

- възможно е да се използват съвместно векторни и растерни данни в различни координатни системи, данни за височини и множество таблици;
- лесно е съвместното систематизиране, представяне и анализиране на пространствените и непространствените данни;
- има възможност за бързо изпълнение на различни заявки за осредняване на данните, изчисляване на разлики за отделни периоди, сортиране и други.

Като единствен недостатък на възможностите на ГИС софтуера може да се посочи това, че няма достатъчна функционалност по отношение на представянето на графики с данни от различни колони и атрибутните таблици не са на толкова високо ниво, но въпреки това използването на ГИС софтуер значително подпомага и улеснява работата с данните.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ivanov, A.* Klimat na Bulgaria. http://www.geoznanie.com/2015/09/blog-post.html, poseten na 31-12-2022.

2. Izpalnitelnata agentsia po okolna sreda. Natsionalen doklad za sastoyanieto i opazvaneto na okolnata sreda v R Bulgaria, https://eea.government.bg/bg/soer/2019, poseten na 31-12-2022.

3. Prirodni resursi na Bulgaria. https://prirodniresursi.alle.bg/климат-на-българия/, poseten na 31-12-2022.

4. *Rachev, G.* Klimatologia – vaprosi i otgovori, 2018. https://www.uni-sofia.bg/index.php/bul/content/download/189027/1302804/version/1/file/Климатология - Въпроси и отговори - Георги Рачев.pdf, poseten na 31-12-2022.

5. *Drenovski, Iv.* Geografski koordinati i nadmorski visochini na sinoptichnite stantsii v Bulgaria. 2016, https://azbuki.bg/wp-content/uploads/chemistry-pdfs/CHEMISTRY_25_1_DRENOVSKI.pdf, poseten na 31-12-2022.

6. Version 1.1 of the EU-DEM, available for OpenDEM Europe, Copernicus. https://www.opendem.info/ opendemeu_meta_eudem.html, poseten na 31-12-2022.

7. Karta na klimatichnite zoni. Izd. 1991 g. https://kartibg.files.wordpress.com/2012/10/bg_klimat_91.jpg, poseten na 31-12-2022.

8. Danni za temperatura, valezhi, snezhna pokrivka i slanchevoto greene. https://www.stringmeteo.com/synop/index.php, poseten na 31-12-2022.

9. Klimat na Bulgaria. Kandidat-studentski kurs po geografiya, http://geografia.kabinata.com/04.htm, poseten na 31-12-2022.

APPLICATION OF GIS FOR CLIMATE CHANGES MONITORING FOR THE TERRITORY OF BULGARIA

T. Ilieva[1], B. Nikolova[2]

Keywords: *GIS, GIS analyses, data models and trends, climate change monitoring*

ABSTRACT

Bulgaria is located in a region that is affected by the climate change. This is mainly expressed by the increase in temperature and precipitation. The risks associated with climate change can lead to various natural disasters, affecting economic growth and well-being at national level.

The present study examines the possibility of applying GIS as a tool for deriving models and determining the trends in climate change for the territory of the country, based on the analysis of the various climatic factors and elements.

To create the model, data from weather stations for the territory of the country were used, as well as data on terrain relief, settlements and others. A year-by-year comparison is made for the period after 2000 to the present and the main trends in the changes are shown.

[1] Tamara Ilieva, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Geodesy and Geoinformatics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: ilieva_tamara@yahoo.com

[2] Boryana Nikolova, Assist. Prof. Eng., Dept. "Geodesy and Geoinformatics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: bnikolova_fgs@uacg.bg