

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИНФРАЧЕРВЕНО ИЗЛЪЧВАНЕ ЗА ОБЩИНА БУРГАС

Здравка Николаева, Галина Панайотова, Милена Искрова
Университет “Проф. д-р Асен Златаров”, факултет “Природни науки”
8010 Бургас, България, бул. “Проф. Якимов” 1,
z.v.burieva@gmail.com

INVESTIGATION OF ULTRARED RADIATION FOR BURGAS MUNICIPALITY

Zdravka Nikolaeva, Galina Panayotova, Milena Iskrova
University “Prof. Dr. Asen Zlatarov” 8010 Burgas, Bulgaria
z.v.burieva@gmail.com

ABSTRACT

Earth's surface and atmosphere radiate infrared (long-wave) radiation. The actual reflected long-wave radiation is the difference between the own radiation of the Earth and the oncoming ambience. This radiation is proportional to temperature. It is not measured directly in the weather stations. Are used empirical formulas of its determination.

For calculation of the infrared (long-wave) radiation for the Municipality of Burgas has been used the formula proposed by Penman, who, after many years of calculations, established that connection exists between the actual reflected long-wave radiation, average temperature of the air, actual water vapor pressure of the air and relative duration of sunshine.

For calculation of the actual reflected long-wave radiation by months, for the 8 am to 5 pm time period the method of multiple linear regression is used. For total hourly solar radiation taking the average of four counts of monitoring within the Municipality (AIS Dolno Ezerovo AIS Meden Rudnik-absorption OPSIS and mobile station). In the same manner is determined also the total global insolation by hours for a given month of the year. Similarly, in times of a given month of the year is determined and the total global insolation.

The coefficient values of determination are high enough to assume that the models are characterized by good quality and reliability, and the values of the F-statistics support their significance and regression models were applied to study the relationship between net reflected long-wave radiation and total solar radiation.

Key words: solar radiation, infrared (long-wave) radiation, actual reflected long-wave radiation, the method of multiple linear regression, coefficient of determination, F – statistics.

ВЪВЕДЕНИЕ

От цялата слънчева енергия приблизително 7% се падат на ултравиолетовата радиация, 18% на светлата (видимата) му част и 45% на инфрачервената част от оптичното излъчване [3,7].

Инфрачервеното (топлинно) излъчване е електромагнитно излъчване с дължина на вълната, която е: $740 \leq \lambda \leq 30000 \text{ nm}$. При него излъчваната дължина на вълната зависи обратно пропорционално от температурата му, т.е. с повишаване на температурата дължината на вълната намалява, при което интензитетът на излъчването нараства [1,2,4].

Земната повърхност и атмосферата излъчват инфрачервена (дълговълнова) радиация. Нетната отразена дълговълнова радиация е разликата между собственото излъчване на Земята, изчислено по закона на Стефан–Болцман [6,12] и насрещното излъчване на атмосферата. Стойността на тази радиация е пропорционална на температурата.

Ако атмосферата е частично прозрачна и температурата на земната повърхност е висока от тази на атмосферата, то топлинната дълговълнова радиация ще бъде доминираща. Тя не се измерва непосредствено в метеорологичните станции. За нейното определяне се използват емпирични формули.

Изследвано е инфрачервеното излъчване за Община Бургас. Изчислена е нетната отразена дълговълнова топлинна радиация на базата на познатото от литературата уравнение на Penman. Определени са часовите стойности по месеци на тази радиация. Направените проверки показват, че изведените регресионни модели са приложими за изследване на взаимовръзката между нетната отразена дълговълнова радиация и сумарната слънчева радиация.

МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

За пресмятане на нетната отразена дълговълнова радиация се използва познатото от литературата емпирично уравнение на Penman [10].

$$(1) \quad R_B = \sigma T_a^4 \left(0.56 - 0.079 \sqrt{e_t} \right) \left(0.1 + 0.9 \frac{n}{N} \right),$$

където: R_B – нетна отразена дълговълнова радиация, W/m^2 ; σ – константа на Стефан-Болцман ($\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$); T_a – средна температура на въздуха, K ; e_t – действително налягане на водните пари на въздуха, hPa ; n/N – относителна продължителност на слънчевото греене [9].

За определяне на часовите стойности на нетната отразена дълговълнова радиация R_B по месеци, е използван методът на разширената регресия [8]. Структурата на регресионното уравнение има вида:

$$(2) \quad R_B = b + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5 + a_6 t^6$$

където: b, a_1, a_2, \dots, a_6 – регресионни коефициенти; t – времето, h .

За оценка на качеството на регресионните модели (2) се използва коефициентът на детерминация R^2 , който определя степента на линейна зависимост между включените в модела регресори и предсказаната стойност на изходната величина [11]. Задължително условие в този случай е проверката на значимостта на R^2 , за което се използва критерият на Fisher

$$(3) \quad F = \frac{R^2}{1 - R^2} \frac{N_1 - k}{k - 1},$$

където: k – броят на оценяваните параметри на модела; N_1 – обемът на извадката от експериментални данни. Критерият на Fisher е със степени на свобода $v_1 = k - 1$ и $v_2 = N_1 - k$. При $F > F(\alpha, v_1, v_2) = F_{crit}$, стойността на R^2 е значима и може да се използва за оценка на адекватността на модела. Колкото по-висока е изчислената стойност на R^2 , толкова по надежден е изведеният регресионен модел при ниво на значимост α .

В статията е направено изследване на инфрачервеното излъчване за Община Бургас по месеци.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

За изчисляване на нетната отразена дълговълнова радиация се използва уравнението на Penman [10]. Определени са часовите стойности на излъчването R_B по месеци за Община Бургас с регресионно уравнение (2). Стойностите на получените регресионни коефициенти са дадени в таблица 1.

Таблица 1. Коефициенти на регресионните уравнения (2) за нетна отразена дълговълнова радиация

Месец	Регресионни уравнения
<i>Януари</i>	$R_B = - 67.8 + 4.9668.t - 8.2644.t^2 + .86959.t^3 - .110556.t^4 + .003104.t^5 - .7.E - 15.t^6$
<i>Февруари</i>	$R_B = - 2.6962 + 1.9851.t - 1.61862.t^2 + 1.776983.t^3 - .04391.t^4 + .001278.t^5 - .5.E - 15.t^6$
<i>Март</i>	$R_B = - 46.17 + 1.4926.t - 4.8943.t^2 + .487447.t^3 - .08222.t^4 + .002351.t^5 - .7.E - 15.t^6$
<i>Април</i>	$R_B = - 48.078 + 43.220.t - 8.7244.t^2 + .09512.t^3 - .1836.t^4 + .005635.t^5 - .0.E - 15.t^6$
<i>Май</i>	$R_B = - 64.957 + 9.7709.t - 8.5016.t^2 + .91646.t^3 - .11063.t^4 + .003299.t^5 - .0.E - 15.t^6$
<i>Юни</i>	$R_B = - 83.281 + 07.446.t - 9.1299.t^2 + .96169.t^3 - .11473.t^4 + .003521.t^5 - .4.E - 15.t^6$
<i>Юли</i>	$R_B = - 43.867 + 8.8033.t - 1.79715.t^2 + .510565.t^3 - .02050.t^4 + .0004671.t^5 - .8.E - 15.t^6$
<i>Август</i>	$R_B = - 71.184 + 02.063.t - 8.5105.t^2 + .99219.t^3 - .12160.t^4 + .0003831.t^5 - .9.E - 15.t^6$
<i>Септември</i>	$R_B = - 23.885 + 13.837.t - 6.1040.t^2 + .94342.t^3 - .29209.t^4 + .008922.t^5 - .00011.t^6$
<i>Октомври</i>	$R_B = - 32.614 + 25.629.t - 3.5150.t^2 + .49876.t^3 - .25681.t^4 + .007607.t^5 - .1.E - 15.t^6$
<i>Ноември</i>	$R_B = - 18.116 + 2.2256.t - 3.5175.t^2 + .40091.t^3 - .08088.t^4 + .002421.t^5 - .9.E - 15.t^6$
<i>Декември</i>	$R_B = - 82.533 + 03.737.t - 0.0005.t^2 + .04923.t^3 - .11559.t^4 + .003384.t^5 - .0.E - 15.t^6$

Качеството на моделите е оценено посредством коефициентът на детерминация и изчислената стойност на F -критерия за проверка на неговата значимост.

Както бе отбелязано по-горе, степените на свобода, свързани с различията на обема данни за различните месеци (поради различна продължителност на деня), водят до изменение на критичната стойност на F -критерия от 2.27 до 2.42. Изчислените стойности на F са драстично по-големи, което означава, че стойностите на R^2 са значими, а близостта им до единица е индикатор за добро качество на изведените модели.

Получените стойности на F -критерия и коефициентите на детерминация са представени в таблица 2.

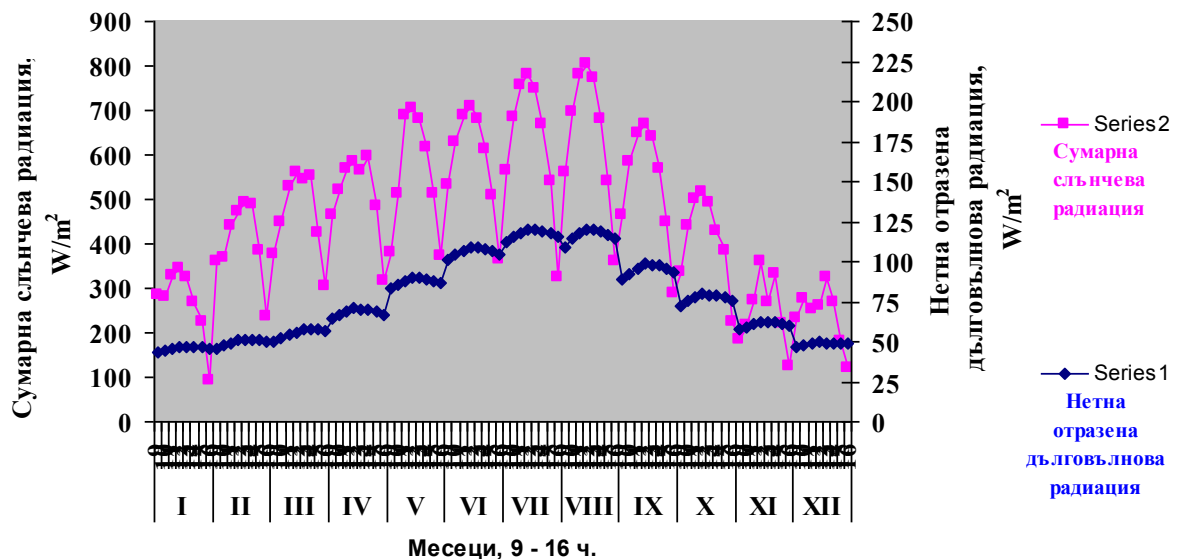
Таблица 2. Статистически параметри на качеството на модела (2) за Община Бургас

Месец	F	R^2
Януари	117.42	0.9635
Февруари	401.42	0.9866
Март	249.77	0.9770
Април	885.96	0.9928
Май	567.62	0.9874
Юни	1255.46	0.9942
Юли	718.27	0.9899
Август	1243.00	0.9947
Септември	327.02	0.9813
Октомври	380.95	0.9856
Ноември	220.56	0.9783
Декември	220.56	0.9783

От таблица 2 се вижда, че коефициентът на детерминация R^2 има много близка стойност до единица ($R^2 > 0.96$), което показва, че уравнения (2) могат да се използват за изчисляване на нетната отразена дълговълнова радиация за Община Бургас.

Изведените модели могат да се използват за изследване на зависимостта между сумарната слънчева радиация и нетната отразена дълговълнова радиация за Община Бургас.

Община Бургас



Фиг. 1. Графика на зависимостта между сумарната слънчева радиация и нетната отразена дълговълнова радиация за Община Бургас

На фиг. 1 е дадена графика на зависимостта между сумарната слънчева радиация и нетната отразена дълговълнова радиация по месеци от 9 до 16 ч., което е приблизително средната продължителност на слънчевото греене. За сумарната почасова слънчева радиация

се взема средноаритметичната стойност от четирите пункта на мониторинг (АИС Долно Езерово, АИС Меден Рудник, ДОАС OPSIS и Мобилна станция) на Община Бургас. По същия начин, по часове за даден месец от годината, се определя и сумарната глобална инсолация G_o . За тази цел са използвани данни за измерени стойности на сумарната слънчева радиация от PVGIS-CMSAF [5]. Измерените стойности покриват периода 2001-2012 г. и интервала от 4.87 до 19.87 h със стъпка 0.25 h (15 минути).

От фиг. 1 се вижда, че най-големите стойности на инфрачервеното излъчване са през летните месеци, когато сумарната слънчева радиация е най-силна.

Методът може да се използва за изследване на връзката на нетната отразена дълговълнова радиация и сумарната слънчева радиация за Община Бургас. Такава информация би била полезна и за практиката (при проектиране на соларни системи, парници, фотоволтаици и др.).

ИЗВОДИ

1. Направена е оценка на адекватността на регресионните модели. Степените на свобода, свързани с различията на обема данни за различните месеци (поради различна продължителност на деня), водят до изменение на критичната стойност на F -критерия от 2.27 до 2.42. Изчислените стойности на F са доста по-големи по месеци.

2. От направеното изследване се вижда, че коефициентът на детерминация R^2 има много близка стойност до единица ($R^2 > 0.96$), което показва, че методът може да се използва за изчисляване на инфрачервеното излъчване за Община Бургас.

3. Методът може да се използва за изследване на връзката на нетната отразена дълговълнова радиация и сумарната слънчева радиация за Община Бургас. Такава информация би била полезна и за практиката (при проектиране на соларни системи, парници, фотоволтаици и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Hobson A., The Physics Teacher. Vol. 42, February, (2004).
2. Piexoto, JP and AH Oort. Physics of Climate. American Institute of Physics, 1992.
3. Schroeder, D. An Introduction to Thermal Physics. San Francisco, California, Addison-Wesley, 2000, p. 305 – 307.
4. Serway, R., J. Beicher and J. Jewett. Physics for Scientists and Engineers. North Carolina State University and California State Polytechnic University – Pomona, (2000), p. 579.
5. Solar Radiation Databases, www.photovoltaic-software.com/solar-irradiation-database.php.
6. Бакулин, П. И., Э. В. Кононович и В. И. Мороз. Курс общей астрономии. Наука, Москва, (1993).
7. Детлаф, А. А. и Б. М. Яворский. Курс физики. Высшая школа, Москва, (1989).
8. Димитрова, Р., Ж. Михайлова. Система за обучение по статистика и статистически изчисления с Excel. <http://teststat.hit.bg/>.
9. Климатични данни за България, Балканския полуостров и Европа, НИМХ – БАН, NASA, www.stringmeteo.com.
10. Колев, Б., А. Стоилов. Имитационен модел на слънчева радиация. Трета Национална конференция по възобновяеми енергийни източници, октомври 23-24 (2003), София, сс. 47-53.
11. Марков, С. Математическо моделиране. Наука, София, (1997).
12. Плачкова, Ст., М. Мишева. Физика с примери от биологията. Университетско издателство “Климент Охридски”, София, (2004).