



•Փորձարարական և տեսական հոդվածներ •Экспериментальные и теоретические статьи•
•Experimental and theoretical articles•

Հայաստանի կենսաբ. հանդես, 4(68), 2016

ՈՐՈՇ ՀԱՉՎԱԳՅՈՒՏ ԲՈՒՍԱՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ԵՎ ԷԿՈՅԱՍՏԱԿԱՐԳԵՐԻ ԽՈՅԵԼԻՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱՆՎԱԾ ԿԼԻՄԱՅԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԱՏԵՍՈՒՄՆԵՐԻՑ

Տ. Վ. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ

ՀՀ ԳԱԱ Բուսաբանության ինստիտուտ, երկրաբուսաբանության
և էկոլոգիական ֆիզիոլոգիայի բաժին
taron.aleksanyan@gmail.com

Գնահատվում է Ջաջուռի լեռնանցքի հարակից տարածքում հազվագյուտ էկոհամակարգերից մեկի կլիմայի փոփոխության հավանական ազդեցությունը: Որպես էկոհամակարգի ինդիկատոր ուսումնասիրության օբյեկտ են հանդիսացել ՀՀ կարմիր գրքում գրանցված 11 բուսատեսակներ: Բնական պայմանների փոփոխությունը այս տեսակների համար մոդելավորվել է կենսակլիմայական մոդելների միջոցով, որտեղ օգտագործվել է կլիմայի փոփոխության վատատեսական սցենարները:

*Էկոհամակարգ – հազվագյուտ տեսակներ – կլիմայի փոփոխություն –
կենսակլիմայական մոդելներ – ՀՀ Կարմիր գիրք*

Оценено вероятное влияние прогнозируемого изменения климата на одну из редких экосистем Армении, расположенную на Ширакском хребте близ Джаджурского перевала. В качестве индикаторов изменения экосистемы были исследованы 11 видов растений, включенных в Красную книгу Армении. Изменение природных условий моделировалось с помощью биоклиматических моделей с пессимистическими сценариями изменения климата.

*Экосистема – редкие виды – изменение климата –
биоклиматические модели – Красная книга Армении*

In the article possible impact of climate change on one of important ecosystem of Armenia, which is located near the Jajur pass was presented. 11 plant species included in the Red Data Book of Armenia as indicators of ecosystem condition were investigated. In order to understand climate change impact on these species suitability bioclimatic models with pessimistic scenarios of future climate change were applied.

Ecosystem – Rare species – Climate Change – Bioclimatic models – Red Book of Armenia

Երկրի կլիման պայմանավորված է բարդ բնական պայմանների համալիր ազդեցությամբ: Մարդու գործունեության արդյունքում վերջին տասնամյակներում նկատվում է կլիմայի փոփոխության տեմպերի արագացում, որն էլ իր հերթին ազդում է բնական էկոհամակարգերի վրա [9, 12]:

Աշխատանքում ուսումնասիրվել է կլիմայի գլոբալ ազդեցության հետևանքով լուրջ բնական մի կարևորագույն էկոհամակարգի հավանական փոփոխությունը: Ուսումնասիրության մեջ ներառվել են Հայաստանի Կարմիր գրքում ընդգրկված և միևնույն էկոհամակարգում աճող 11 բուսատեսակներ: Այս բուսատեսակները ուսումնասիրվել են ըստ կլիմայի փոփոխության վատատեսական սցենարի (RCP 8.5), որտեղ կիրառվել են տեսակների տարածման մոդելները: Ջաջուռի ռելիկտային տափաստանը գտնվում է Շիրակի ֆիզիկաաշխարհագրական շրջանում, Շիրակի լեռնաշղթայի հարավային լանջի Ջաջուռի լեռնանցքի մոտ:

Դա եզակի Էկոհամակարգ է Հայաստանի համար, որի նմանները հանդիպում են Ջավախքում, Կովկասի հյուսիս – արևմուտքում և Դրիմում: Այստեղ ռելիեֆի միջին Նիշը կազմում է մոտ 2150 մ: Ջաջուռի ռելիեֆային տափաստանը ներկայացված է որպես հազվագյուտ բուսատեսակներ ներառող մի կարևորագույն Էկոհամակարգ, որը ընդգրկված է Հայաստանի չափազանց հազվագյուտ բնակմիջավայրների ցանկում – F2.33711-AM [4]: Այստեղ խճանկարային ներկայացված են տափաստանային հատվածներ, տափաստանային թփուտներ և քարացրոնային աճեղավայրեր: Տափաստանային թփուտներից խոշոր խմբավորումներ են առաջացնում *Spiraea crenata* L. և *Spiraea hypericifolia* L., տափաստանային հատվածներում ներկայումս գերակշռում են *Agropyron imbricatum* Roem. et Schult., *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult., *Festuca valesiaca* Gaudin և ոչ մեծ խմբավորումներով հանդիպում է *Stipa pulcherrima* K.Koch: Այստեղ աճում են 11 հազվագյուտ և վտանգված բուսատեսակներ, որոնք ընդգրկված են Հայաստանի Կարմիր գրքում [17]: Շնորհիվ այս հազվագյուտ և Էնդեմիկ տեսակների առկայությանը և Էկոհամակարգի հազվագյուտ լինելուն, ուսումնասիրվող տարածքը առանձնանում է որպես կարևորագույն բուսաբանական տարածք [3]: Այն առաջարկվում է որպես Էկոլոգիական «Էմերալդ» ցանցի տարածք [6]: Մենք ենթադրում ենք, որ այս տեսակների անհետացումը կամ դրանց ներկայացվածության հարաբերակցության փոփոխությունը կառաջացնի Էկոհամակարգի հերթափոխում այլ Էկոհամակարգով: Կլիմայի փոփոխության ազեցությունը Էկոհամակարգի վրա պարզելու նպատակով ուսումնասիրվել են հետաքրքրություն ներկայացնող յուրաքանչյուր 11 բուսատեսակները:

Նյութ և մեթոդ: Մեր հետազոտության մեջ ներառվել են հետևյալ տեսակները.

Asphodeline taurica (Pall.) Kunth – վտանգված (EN) տեսակ է, Հայաստանում հանդիպում է Շիրակի և Լոռու ֆլորիստիկական շրջաններում (ՖՇ): *Paracaryum laxiflorum* Trautv. – կրիտիկական (CR) վիճակում գտնվող տեսակ է, ՀՀ-ում հանդիպում է միայն Շիրակի ՖՇ-ում: *Tragopogon armeniacus* Kuthath. – վտանգված (EN) տեսակ է, հանդիսանում է Հայաստանի Էնդեմիկ, հայտնի է Շիրակի ՖՇ-ից: *Rhaponticoides tamanianae* (Agababian) Agababian et Greuter – կրիտիկական (CR) վիճակում գտնվող տեսակ է, հանդիսանում է Հայաստանի Էնդեմիկ, հանդիպում է Շիրակի և Դարեղեգիսի ՖՇ-ում: *Allium struzlianum* Ogan. – խոցելի (VU) վիճակում գտնվող տեսակ է, հանդիսանում է Հայաստանի Էնդեմիկ, տարածված է Շիրակի և Երևանի ՖՇ-ում: *Allium rupestre* Steven – խոցելի (VU) վիճակում գտնվող տեսակ է, Հայաստանում հայտնի աճեղավայրերն են Վերին Ախուրյանի և Շիրակի ՖՇ-ները: *Allium oltense* Grossh. – վտանգված (EN) տեսակ է, Հայաստանում տարածված է Շիրակի, Ապարանի և Երևանի ՖՇ-ում: *Hedysarum elegans* Boiss. et Huet – վտանգված (EN) տեսակ է, հայտնի է Շիրակի և Դարեղեգիսի ՖՇ-ից: *Asperula affinis* Boiss. et Huet – վտանգված (EN) տեսակ է, հանդիպում է Վերին Ախուրյանի և Շիրակի ՖՇ-ում: *Valeriana eriophylla* (Ledeb.) Utkin – վտանգված (EN) տեսակ է, Հայաստանի տարածքում հանդիպում է Վերին Ախուրյանի և Շիրակի ՖՇ-ում: *Rhaponticoides hajastana* (Tzvelev) Agababian et Greuter – վտանգված (EN) տեսակ է, հանդիսանում է Հայաստանի Էնդեմիկ, հայտնի է միայն Շիրակի ՖՇ-ում [17]:

Ներկա կենսակլիմայական տվյալներ

ժամանակակից կլիմայական տվյալները ստացվել են WorldClim գլոբալ կենսակլիմայական բազայից [20], որոնց տարածական լուծաչափը կազմում է 1 կմ: Հետագա վերլուծության համար գլոբալ ծածկույթի տվյալները վերամշակվել են ArcGIS 10.1 ծրագրի միջոցով:

Ապագա կենսակլիմայական տվյալներ

Հետազոտվող հազվագյուտ տեսակների նպաստավոր պայմաններով տարածքներն որոշելու համար մեր կողմից օգտագործվել են մթնոլորտի ընդհանուր շրջանառության մոդելներից (ՄԸՇՄ) չորսից ստացված տվյալներ (CCSM4, GISS-E2-R, HadGEM2-AO և GFDL-CM3) [12]: Աշխատանքում ներառվել են կլիմայի փոփոխության վատագույն սցենարի (RCP 8,5) տվյալները: Օգտագործել ենք 2041-2060 թթ. և 2061-2080 թթ. կենսակլիմայական տվյալները [20]: ՄԸՇՄ ընտրությունը պայմանավորված է այն ենթադրությամբ, որ Նրանք միմյանց նկատմամբ ունեն մի շարք բանական և որակական տարբերություններ [12]:

Լեռնագրական և երաֆիկ տվյալներ

Լեռնագրական տվյալները ստացվել են NASA-ի և METI-ի համատեղ մշակված Նոր ռելիեֆի թվային մոդելի (DEM) վերլուծության արդյունքում [19]: Ռելիեֆի թվային մոդելից ստացվել են կողմնադրությունների տվյալները: Հողածածկի և լանդշաֆտների տարածական տվյալները վերցվել են Հայկական ՍՍՀ առկայից [2], որոնք թվայնացվել և ճշգրտվել են GIS համակարգում:

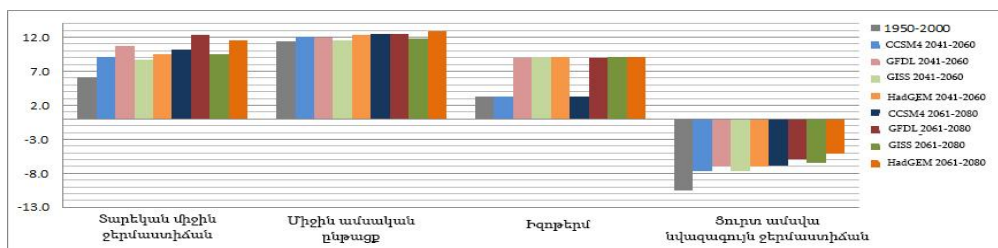
Տեսակների տարածման մոդելներ

Տեսակների տարածման մոդելները հատկապես օգտակար «գործիքներ» են դարձել հատուկ պահպանվող տարածքների կառավարման, հազվադեպ և անհետացող տեսակների պահպանման համար: Դրանք կարևոր նշանակություն են ունեցել նաև Էկոլոգիական ամպլիտուդայի ուսումնասիրման և կլիմայի փոփոխության հետևանքով բնական պայմանների հավանական փոփոխության ուսումնասիրության հարցերում:

Աշխատանքում օգտագործվել է R ծրագրավորման լեզվում [15] ինտեգրված biomed 2 փաթեթը [18]: Տեսակների տարածման մոդելներից ընտրվել են Generalized Boosted Regression Models (GBR) [16], Breiman and Cutler's random forests for classification and regression (RF) [7], Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) [10] և Maximum Entropy (MAXENT) [14]: Ուսումնասիրվող տարածքում այդ մոդելների արդյունավետությունը ապացուցվել է ավելի վաղ հրատարակված աշխատանքներում [1, 5]: Տեսակների տարածման մոդելների հիմքում ընկած է Հաթչինսոնի էկոլոգիական խորշի գաղափարը [8, 11]:

Արդյունքներ և քննարկում: Ուսումնասիրվող ՄԸՀՄ տվյալների համեմատություն

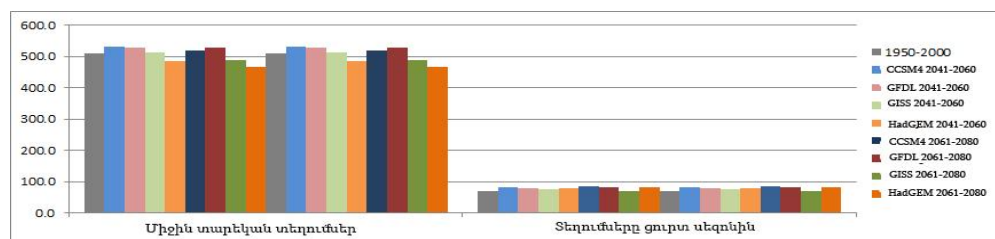
Տեսակների տարածման մոդելներում կրկնակի ազդեցություն ունեցող տվյալների առկայությունը բացառելու նպատակով Պիրսոնի կոռելյացիայով հաշվարկվել է յուրաքանչյուր փոփոխականի կոռելյացիայի գործակիցը մնացած փոփոխականների հետ: Մոդելավորման մեջ օգտագործվել են միայն 0,7 և ցածր կոռելյացիոն գործակից ունեցող տվյալները:



Նկ. 1. Ջերմաստիճանային փոփոխականները ըստ տրոմայի և ՄԸՀՄ-ի փոփոխության 2041-2060 թթ. և 2061-2080 թթ.:

Բոլոր կլիմայական մոդելների վերլուծության արդյունքում ակնհայտ երևում է, որ 2041-2060 թթ. և 2061-2080 թթ. միջին տարեկան ջերմաստիճանը աճում է, որոնցից առավել մեծ արժեքներ ունեն GFDL և HadGEM մոդելները: Միջին օրեկան ջերմաստիճանի տարբերությունների փոփոխությունը ընտրված մոդելներում նույնպես աճել է միջինում տրոմայի նկատմամբ 0,6°C 2041-2060 թթ. -ին և 1°C 2061-2080 թթ.-ին (Նկ. 1):

Ըստ կլիմայական մոդելների կանխատեսվող մթնոլորտային տեղումները ակնհամատեք են փոփոխվում: Այստեղ մոդելներից երկուսը ցույց են տալիս, որ ժամանակի ընթացքում տեղումները նվազում են, մինչդեռ մյուս երկուսը գրանցում են մթնոլորտային տեղումների աճ (Նկ. 2):



Նկ. 2. Մթնոլորտային տեղումների փոփոխությունը ըստ տրոմայի և ՄԸՀՄ-ի 2041-2060 թթ. և 2061-2080 թթ. -ին:

Ուսումնասիրվող տեսակների կանխատեսվող բարենպաստ գոտիներ

Ուսումնասիրվող յուրաքանչյուր 11 տեսակի համար հաշվարկվել են տեսակների տարածման մոդելներ: Ստուգման գործակիցների միջոցով մոդելներից ստացված տվյալները բերվել են հավասարակշռված անսամբլային միջինի [13]:

Անսամբլային տվյալներից ստացվել է յուրաքանչյուր տեսակի համար ներկա և ապագա բնակության բարենպաստ տարածքների բաշխվածությունը, որոնք բաժանվել են 1 x 1 կմ բայլով:

Այստեղ յուրաքանչյուր կետ բնութագրում է հազվագյուտ տեսակների քանակը 1 կմ² տարածքում: 1950-2000 թթ. տվյալների համաձայն, ուսումնասիրվող տարածքի հարավային և հարավ-արևմտյան հատվածում հետազոտվող տեսակների համար առկա են համեմատաբար բարենպաստ պայմաններ (սկ. 3):



Սկ. 3. Հետազոտվող տեսակների տարածման սխեման ուսումնասիրվող տարածքում (1950-2000 թթ.):

CCSM4-ով հաշվարկված տեսակների տարածման մոդելները որոշ անհամապատասխանություններ են ցույց տալիս. նախ բարենպաստ գոտիները Ջաջուռի տարածքի հարավ և հարավ-արևմտյան ուղղություններով պահպանվում են, այնուհետև դարավերջին այն կտեղափոխվեն հարավային ուղղությամբ և կսկսվի բարենպաստ գոտիների տեղաբաշխում, որը կասկածելի է: Էկոհամակարգում նմանատիպ արագ բնական պայմանների փոփոխությունը քիչ հավանական է: Ըստ GISS ՄԸՇՄ-ից ստացված տվյալների Ջաջուռում դիտվում է Հայաստանի Կարմիր գրքային տեսակների բնակության պայմանների վատացում, նախ 2041-2060 թթ., այնուհետև այդ միտումը կշարունակվի մինչև 2061-2080 թթ.:

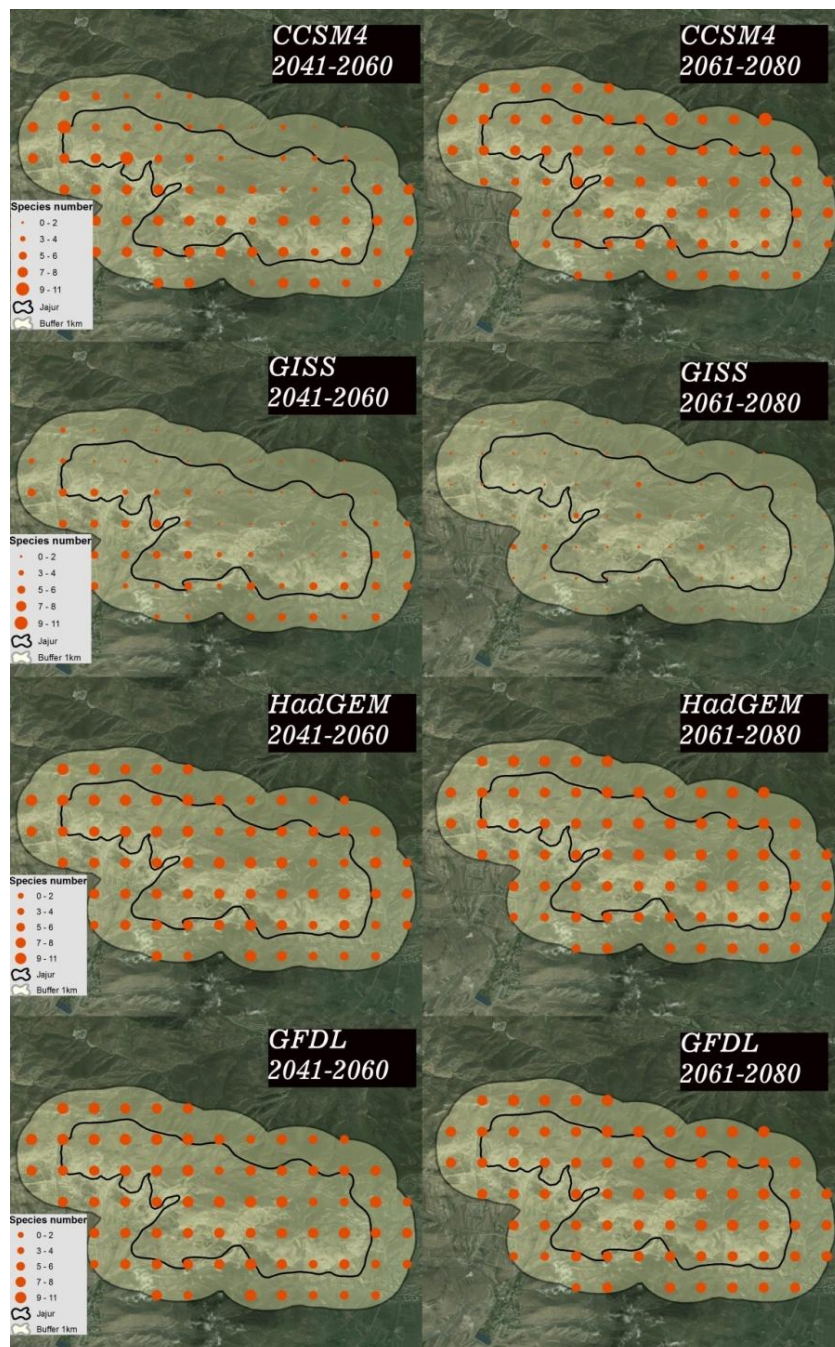
Ըստ HadGEM ՄԸՇՄ-ի հաշվարկների 2041-2060 թթ. տեսակների ապագա տարածման արդյունքները նորմայում այս տեսակների բաշխվածության խտության արդյունքներից չնչին տարբերությամբ բարձր են: Ինչպես GISS-ը, այնպես էլ HadGEM ՄԸՇՄ-ի կանխատեսման արդյունքները համընկնում են թե՛ ջերմաստիճանի և թե՛ մթնոլորտային տեղումների միջ ալժամ եղած մշտադիտարկման հետ: Սակայն այս կլիմայական մոդելի միջոցով ուսումնասիրվող տեսակների տարածման տվյալները GISS մոդելի համեմատ ավելի լավատեսական են: Անհամապատասխանությունները մեծ են GFDL ՄԸՇՄ-ի միջոցով ստացված ուսումնասիրվող տեսակների տարածման տվյալներում: Այստեղ ուսումնասիրվող տեսակների քանակը մեծանում է 2041-2060 թթ.-ին, այնուհետև այն գրեթե փոփոխություն չի կրում 2061-2080 թթ.:

Ուսումնասիրելով մթնոլորտի ընդհանուր շրջանառության և տեսակների տարածման մոդելների արդյունքները, մենք առավել նպատակահարմար ենք գտնում Ջաջուռի ռելիեֆային տափաստանում և նրա շրջակայքում Հայաստանի Կարմիր գրքում ընդգրկված տեսակների ապագա բաշխվածության փոփոխությունը դիտարկել համաձայն GISS և HadGEM մոդելների:

1. CCSM4 և GFDL մոդելների կանխատեսման տվյալները, հատկապես մթնոլորտային տեղումների փոփոխության ընթացքում, չեն համապատասխանում մինչ ալժամ կատարված մշտադիտարկման տվյալների հետ:

2. Ելնելով նրանից, որ Էկոհամակարգում բնական պայմանների փոփոխությունը բերում է որա ձևափոխման, ինչը բացասական կանոդադառնա այդ Էկոհամակարգում գտնվող տեսակների վրա, դժվար թե կլիմայի փոփոխության արդյունքում մեր կողմից ուսումնասիրվող տեսակների համար միանգամից նպաստավոր պայմաններ ստեղծվեն:

3. GBR, RF, MARS և MAXENT տեսակների տարածման մոդելների տվյալներում GISS և HadGEM կլիմայական մոդելներն ունեցել են առավել ճշգրիտ տարածվածություն, որն ուսումնասիրվել է բոլոր 11 տեսակների համար:



Նկ. 4. 2041-2060 թթ. և 2061-2080 թթ. ուսումնասիրվող տեսակների բարենպաստ աճելավայրով գոտիները, ըստ CCSM4, GISS, HadGEM և GFDL մթնոլորտի ընդհանուր շրջանառության մոդելի:

Սակայն այս ՄԸՇՄ-ի միջոցով հաշվարկված տեսակների համար ապագայում բնակության պայմանները կվատանան, որն էլ իր անմիջական ազդեցությունը կունենա Էկոհամակարգի հերթափոխման կամ ոչնչացման գործում:

Անհրաժեշտ ենք համարում կլիմայի փոփոխության մեղմացմանն ուղղված միջոցառումների անցկացումը, որոնք կնվազեցնեն Ջաջուռում գտնվող Էնդեմիկ և վտանգված տեսակների բնակմիջավայրի պայմանների հնարավոր բացասական փոփոխությունները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Ալեքսանյան Տ. Որոշ հազվագյուտ տեսակների բաշխվածությունը ըստ կենսակլիմայական մոդելների կլիմայի փոփոխության պայմաններում, Բուսաբանական գիտությունը ժամանակակից աշխարհում, 383-338, 2015:
2. АТЛАС АрмССР. Ереван-Москва: Главное Управление геодезии и картографии МГНОН СССР, 111 с., 1961.
3. Таманян К., Файвущ Г. О ключевых ботанических территориях в Армении. Флора, растительность и растительные ресурсы Армении, 17, с. 78-81, 2009.
4. Файвущ Г., Алексанян А. Местообитания Армении. Ереван: Институт ботаники НАН РА, 360 с., 2016.
5. Файвущ Г., Алексанян Т. *Asphodeline taurica* (Pall.) Kunth (Asphodelaceae) в Армении. Географические исследования Краснодарского края. Сб. научных трудов, 9, с. 207-212, 2015.
6. Asatryan A., Fayvush G. Important Plant Areas; Representing the Rare and Threatened Habitat Types of Armenia. Yerevan, 78 p., 2013.
7. Breiman L. Random forests. Machine Learning. 45 p., 2001.
8. Davis A., Jenkinson L., Lawton J., Shorrocks B., Wood S. Making mistakes when predicting shifts in species range in response to global warming. Letters to Nature, 391, p. 783-786, 1998.
9. Fayvush G. Climate change impact, vulnerability assessment and adaptation. Third National Communication on Climate Change under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Yerevan, p. 48-83, 2015.
10. Friedman J. Multivariate adaptive regression splines. The Annals of Statistics. 19, p. 1-67, 1991.
11. Hutchinson G. Population studies. Animal Ecology and Demography. 53, pp. 193-213, 1991.
12. IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge and New York : Cambridge University Press, 1535 pp., 2013.
13. Marmion M., Parviainen M., Luoto M., Heikkinen R., Thuiller W. Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. Diversity and Distribution, 15, p. 59-69. 2009.
14. Phillips S., Dudik M., Schapire R. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, pp. 655-662, 2004.
15. R Core Team. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, p.3311, 2015.
16. Ridgeway G. The State of Boosting. Computational and Mathematical Methods in Medicine . 1999, 31, p. 172-181.
17. Tamanyan K., Arevshatyan I., Fayvush G., Gabrielyan E., Hhukasyan A., Hakobyan Zh., Khanjyan N., Nersesyan A., Oganessian M., Vardanyan Zh., Nanagyulyan S.. The Red Book of Plants of the Republic of Armenia. Yerevan : 2010. p. 594.
18. Thuiller W., Georges D., Engler R., Breiner F. Biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling. 2016.
19. USGS. Land Processes and Active Archive Center. https://lpdaac.usgs.gov/products/aster_products_table/aster_gdem_version_2_validation. 28.08.2015
20. WorldClim- Global Climate Data. <http://www.worldclim.org/>. 09.09.2015.

Ստացվել է 24.08.2016