

Կայքը՝ [anau.am/scientific-journal](http://anau.am/scientific-journal)doi: [10.52276/25792822-2023.3-218](https://doi.org/10.52276/25792822-2023.3-218)

УДК 528.9:581.9(479.25)

## РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И КАРТИРОВАНИЕ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ АРМЕНИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ R

Г.М. Егиазарян *д.с.-х.н.*, А.М. Амбарцумян

Национальный аграрный университет Армении

[sfwmrc@yahoo.com](mailto:sfwmrc@yahoo.com), [armhamb@mail.ru](mailto:armhamb@mail.ru)

### СВЕДЕНИЯ

**Ключевые слова:**

горно-луговая зона,  
диапазон высот,  
программное обеспечение R,  
редкие виды растений,  
сохранение биоразнообразия

### АННОТАЦИЯ

В работе представлены закономерности распространения редких видов растений, проведены анализ и картирование данных с помощью программы R с учетом топографических особенностей горно-луговой зоны РА. Используя возможности программы R и результаты исследований, мы разработали пути решения ряда экологических проблем, связанных с сохранением редких растений и биоразнообразия зоны. Использование комплексного программного обеспечения для ландшафтного мониторинга, оценки землепользования, экологических трендов и проблем актуально, поскольку является альтернативой узкопрофессиональным дорогостоящим программам.

### Введение

Мы живем во времена беспрецедентных экологических изменений, и чтобы смягчить неблагоприятные последствия землепользования человеком и адаптироваться к ним, необходимо понять их громадное влияние на природные системы (Yang Lidan, 2023, М.И. Козьякова, 2017).

Достижение этой цели требует формирования и извлечения больших объемов геопространственных данных о самых различных факторах окружающей среды касательно климата, растительности, биоразнообразия почвы, местности, количественном и качественном распределении земельных и водных ресурсов и социально-экономическом развитии инфраструктуры данной местности.

Комплексное решение проблемы обусловлено также рядом особенностей территории РА, из которых наибольшее влияние на биоразнообразие данного

региона оказывает система землепользования и землевладения (Fayvush, Aleksanyan, 2016, [www.gbif.org](http://www.gbif.org), [www.herbmedit.org](http://www.herbmedit.org)). Поэтому выявление обусловленных многими факторами закономерностей распространения редких видов растений и картирование этих растений с использованием современных цифровых технологий имеет важное теоретическое и практическое значение. Одной из таких технологий является программа R, позволяющая проводить комплексный анализ геопространственных данных с учетом эффектов совокупного воздействия вышеперечисленных факторов.

### Материалы и методы

Объектом исследования стали ареалы редких видов растений, расположенные на высотах 1800-2000 м и выше, горно-луговой зоны РА ([www.env.am/karmir-girq](http://www.env.am/karmir-girq)).

Поставлена задача картографировать редкие виды растений этой зоны по программе **R** с учетом высоты, рельефа, почвенно-климатических условий и ряда других показателей агроландшафтов ([www.researchgate.net](http://www.researchgate.net), [www.herbmedit.org](http://www.herbmedit.org)).

Решение проблемы с помощью данного метода позволяет предложить новый альтернативный подход комплексного картирования редких растений, позволяющий использовать программный комплекс открытого доступа **R** вместо дорогостоящих и недоступных программ. Он позволяет решать экологические проблемы, избегая сложных и трудоемких операций анализа множества таблиц.

Известно, что наиболее эффективные средства сбора и обработки геопространственных данных представляют собой специализированные программно-технологические средства – широко известное программное обеспечение ArcGIS. Настоящей работой утверждаем, что для анализа и обработки геоданных могут быть успешно применены универсальные программные средства, распространяемые в открытом доступе **R** и среде, которая обеспечивает лучший вариант для работы с разнообразными источниками наборов данных на основе общей единой платформы. Применение программы **R** в разных сферах экономики показывает, что она является не только мощным инструментом для анализа географических данных, но и дает возможность моделировать, проводить статистический анализ и визуализацию для решения различных экологических проблем (А.Г. Буховец, 2010, И.С. Зарядов, 2010, Hsieh, 2023).

## Результаты и анализ

В работе на примере Сюникского и Вайоцдзорского регионов горно-луговой зоны РА приведено распределение редких видов растений по высоте над уровнем моря, которые на карте **R** отмечены красными и синими знаками (рис. 2, 5): *Astragalus prilipkoanus* Grossh, *Polystichum lonchitis* (L.) Roth, *Cicer anatolicum* Alef., *Astragalus saganlugensis* Trautv, *Corydalis verticillaris* DC., *Tulipa sosnovskiyi* Achverdov & Mirzoeva, *Bromopsis zangezura* Oganisian, *Allium egorovae* M.V.Agab. et Ogan.

По результатам картирования очевидно, что редкие виды растений в основном расположены на участках речной сети или в районах, прилегающих к водосборным линиям, где влагообеспеченность еще выше (рис. 1).

Включенные в исследование растения являются редкими видами, сведения о них получены из Красной книги и данных GBIF с уточнением по базам данных гербария Института ботаники им. А. Тахтаджяна Национальной академии наук Республики Армения (ERE) ([www.env.am/karmir-girg](http://www.env.am/karmir-girg), [www.gbif.org](http://www.gbif.org), Fayvush, Aleksanyan, 2023).

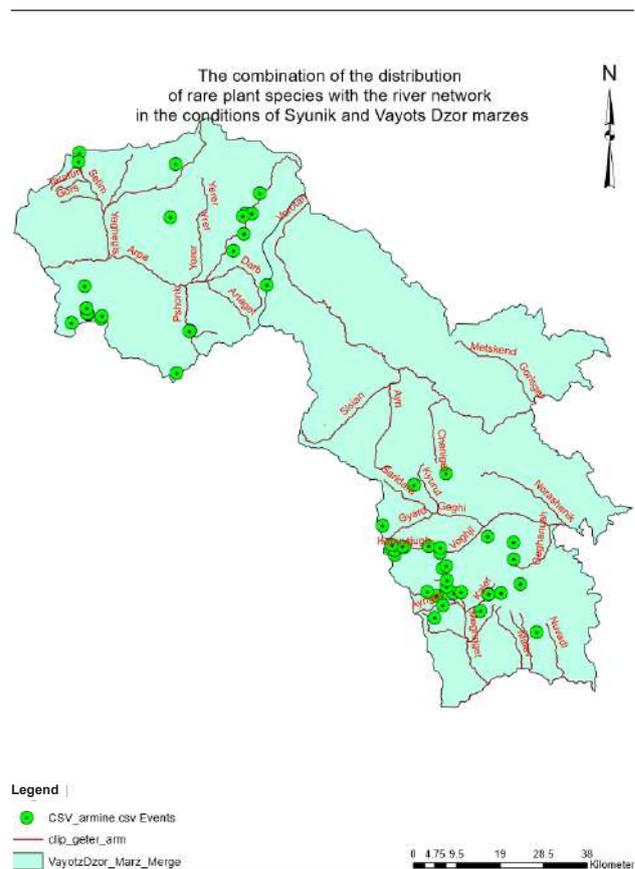


Рис. 1. Цифровая карта распространения редких видов растений по речной сети в условиях Вайоцдзорского и Сюникского регионов (составлена авторами).

Картирование распространения редких видов растений Сюникской области путем сопоставления климатических зон и особо охраняемых природных территорий представлено на рис. 2.

Расположение редких видов растений сопоставлено с различными типами инфраструктур, реками, озерами, населенными пунктами. В результате такого сравнения можно объединить различные задачи в одной системе ([www.annualreviews.org](http://www.annualreviews.org)). В частности, для условий Армении нами разработаны эффективные системы землепользования с сочетанием нескольких параметров, связанных с обеспечением безопасного развития исследуемого объекта (Г.М. Егиазарян, А.М. Амбарцумян, 2021, А.М. Амбарцумян, 2022). С использованием возможностей программы **R** и результатов экологических исследований данной территории найдены пути решения ряда проблем, связанных с сохранением редких растений и биоразнообразия, в зависимости от метеорологических показателей ( $T_{max}$ ,  $T_{min}$ ,  $RH$ ,  $V$ ) и критериев влагообеспеченности почвы (Thammanu, et al., 2020).

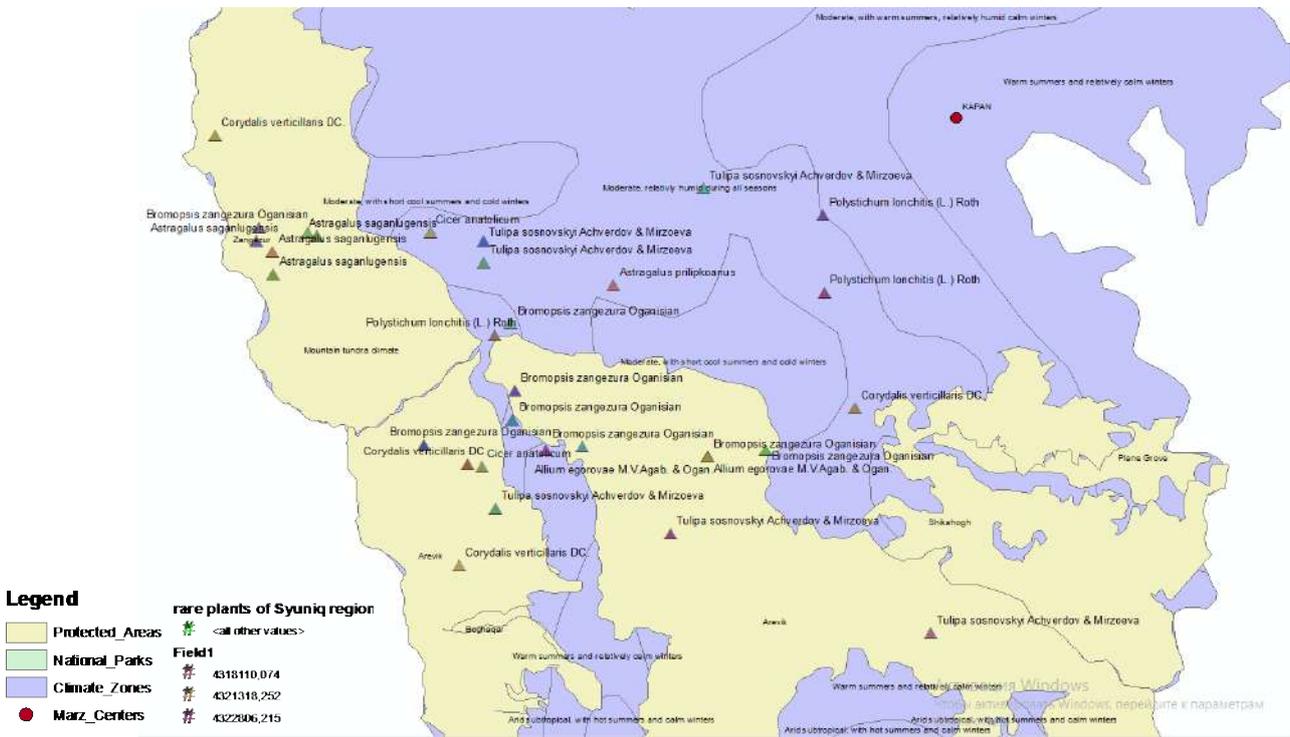


Рис. 2. Цифровая карта распространения редких видов растений Сюникской области по климатическим зонам и особо охраняемым природным территориям (составлена авторами согласно сайту [www.acopiancenter.am](http://www.acopiancenter.am)).

По данным метеорологических показателей влагообеспеченность почвы определяется по следующей формуле:

$$K = \frac{P}{ET_0},$$

где  $P$  – атмосферные осадки, мм,  $ET_0$  – потенциальная эвапотранспирация.

По результатам анализа метеорологических данных установлено, что коэффициент влагообеспеченности по высоте поверхности земли в среднем варьирует в пределах 0.45-0.65. Это означает, что редкие растения, которые растут в зоне исследуемого объекта, окажутся в условиях дефицита влагообеспеченности почвы.

Анализ был проведен по данным гидрометеорологических станций Каджаран (1843 м) и Джермук (2064 м), на основании которых дана оценка влагообеспеченности редких видов растений, а также наиболее опасных периодов для развития жизни и роста растений ([www.armmonitoring.am](http://www.armmonitoring.am)) (рис. 3).

При сравнении полученных результатов цифрового картографирования с данными гидрометеорологических станций видно, что распространение редких видов растений зависит от ряда климатических показателей, в частности, были оценены максимальная и минимальная температуры воздуха, количество осадков и

средняя скорость ветра. Годовое количество осадков в Каджаране колеблется в пределах 600-850 мм, дефицит влаги в почве для растений, произрастающих на высоте 1800-2000 м, охватывает период 75-130 дней. В Джермуке годовое количество осадков составляет 650-900 мм, а дефицит влаги в почве на высоте 2000 м и выше длится 60-110 дней ([www.armmonitoring.am](http://www.armmonitoring.am)).

Необходимо отметить, что климатические факторы (например, температура, атмосферные осадки, солнечная радиация и т. д.) могут привести к исчезновению уязвимых видов редких растений ([www.link.springer.com](http://www.link.springer.com)) (рис. 4).

Мониторинг редких растений с помощью базы данных агрометеорологических станций позволил составить наиболее точное представление о зависимости роста редких растений от критериев, характеризующих влагообеспеченность данного региона ([www.annualreviews.org/](http://www.annualreviews.org/), [www.armmonitoring.am](http://www.armmonitoring.am), Fayvush, Aleksanyan, 2016).

С учетом влияния глобального изменения климата с помощью программы R было проведено цифровое картографирование, позволяющее выявить тенденции в ареалах распространения исчезающих видов растений (А.А. Григорян и др., 2023).

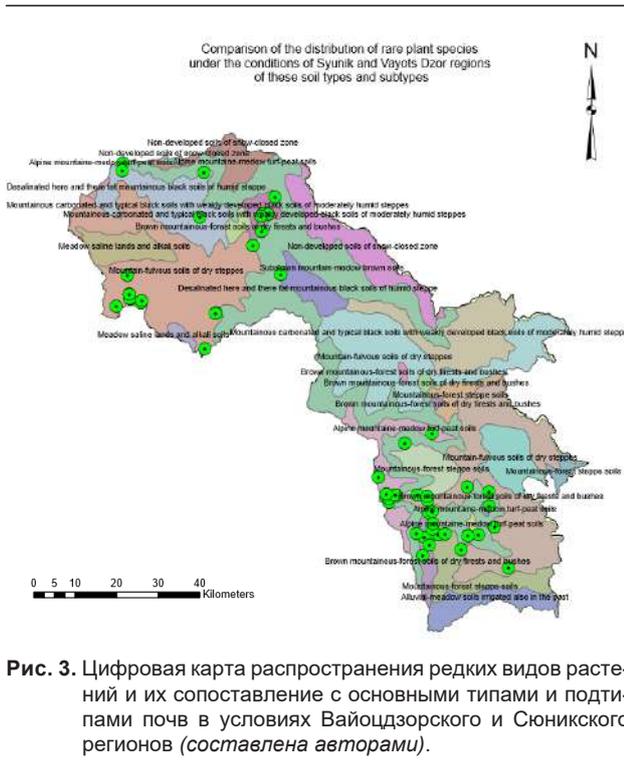


Рис. 3. Цифровая карта распространения редких видов растений и их сопоставление с основными типами и подтипами почв в условиях Вайоцдзорского и Сюникского регионов (составлена авторами).

При выполнении кода в **R** мы получаем интерактивную карту, где с помощью маркера выделено местоположение с указанными координатами (рис. 5). Этот рисунок создан с помощью программы **R**. На нем точками отмечены места, где произрастает 8 видов растений. При направлении курсора на маркер открывается окно, в котором видны название растения и высота над уровнем моря. На основании этих и других параметров появляется возможность проведения аналитических работ. Результаты в деталях представлены на рис. 5.

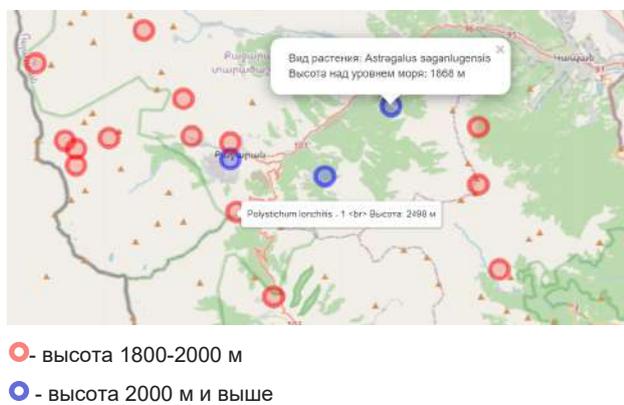


Рис. 5. Цифровое картографирование редких видов растений Сюникского региона с помощью программного обеспечения R (выполнено авторами).

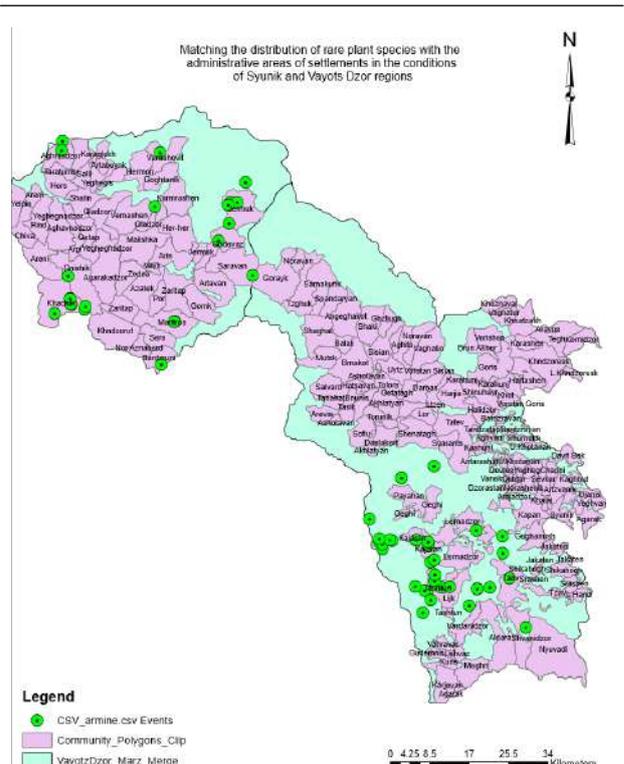


Рис. 4. Цифровая карта распространения редких видов растений в сочетании с административными территориями населенных пунктов в условиях Вайоцдзорского и Сюникского регионов (составлена авторами).

Примечательно, что данные о точках генерации растений представляются в таблице MS Excel, интегрированной в СУБД MS Access (А.Г. Буховец, 2010), что обеспечивает высокую надежность при обработке неограниченных по количеству строк прямоугольных таблиц (рис. 6).

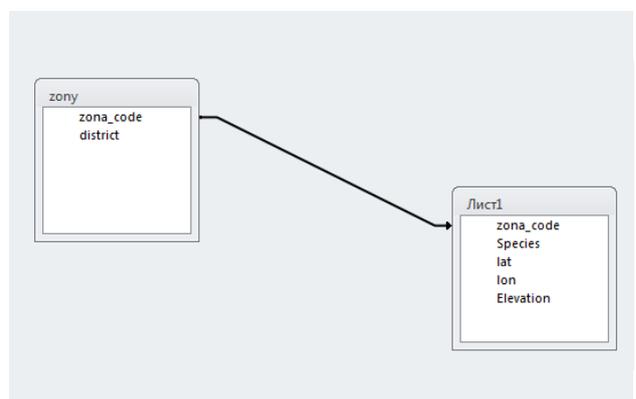


Рис. 6. Обработка данных в таблицах Access.

### Заключение

Представленная программа на языке **R** позволяет создать картографический инструмент, отражающий местоположение естественных скоплений редких растений.

Использование инструмента программы **R** для статистического анализа данных, каковым является система **R**, позволяет зафиксировать также неограниченные возможности по установлению информационных связей распространения редких растений со множеством различных показателей, коррелирующих с основными параметрами настоящего исследования.

### Литература

1. Амбарцумян А.М. Картирование редких видов растений в горно-луговой зоне Котайкской и Гегаркуникской областей в среде GIS // Агронаука и технология. - N 1 (81). - 2023. <https://library.anau.am/images/stories/grqer/agro-tex/2023-1/hambardzumyan.pdf>.
2. Буховец А.Г., Москалев П.В., Богатова В.П., Бирючинская Т.Я. Статистический анализ данных в системе R. Учебное пособие. - Воронеж: ВГАУ, 2010. - 124 с.
3. Григорян А.А., Халатян А.А., Саакян М.А., Овсепян А.Г. Перспективы озеленения вертикальных ландшафтов Еревана // Агронаука и технология. - N 1 (81). - 2023. <https://doi.org/10.52276/25792822-2023.1-31>.
4. Егиазарян Г.М., Амбарцумян А.М. Проблемы управления редкими растениями в горных и речных долинах на примере горно-луговых зон // Известия Ширакского гос. университета им. Налбандяна. - N 2. - Ер., 2021. - С. 66-73. <http://shsu.am/>.
5. Зарядов И.С. Введение в статистический пакет R: типы переменных, структуры данных, чтение и запись информации, графика. - М.: издательство Российского университета дружбы народов, 2010. - 207 с.
6. Козьякова М.И. Экологический тренд как вектор развития // Горизонты гуманитарного знания. - N 3. - 2017. <https://dx.doi.org/10.17805/ggz>.
7. Красная книга растений РА. <http://env.am/karmir-girq>.
8. Fayvush, G.M., Aleksanyan, A.S. and others. (2023). Biodiversity of Armenia. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-34332-2>.
9. Fayvush, G.M., Aleksanyan, A.S. (2016). Habitats of Armenia. <https://ace.aua.am/files/2019/05/2016-Fayvush-Habitats-of-Armenia.pdf,360page>.
10. Fayvush, G.M., Aleksanyan, A.S. and others. (2023). Plant diversity in riverine wetlands of Armenia. [https://www.herbmedit.org/bocconea/Boc29\\_077-089.pdf August 2021](https://www.herbmedit.org/bocconea/Boc29_077-089.pdf August 2021) (просмотрено 20.09.2023).
11. William, W.H. (2023). Introduction to environmental data science, University of British Columbia, 649 pages.
12. Optimal Monitoring of Rare Plant Populations: Report for the USDA Forest Service, Pati Vitt, (2016). <https://doi.org/10.13140/r>.
13. Fayvush, G.M., Aleksanyan, A.S. (2016). Plant diversity in riverine wetlands of Armenia. <https://ace.aua.am/files/2019/05/2016-Fayvush-Habitats-of-Armenia.pdf>.
14. Yang, L. (2023). Rare Plant Diversity and Priority Conservation in Qiandongnan Prefecture, Guizhou Province, Key Conservation. <https://doi.org/10.57237/j.jaf.2022.01.005>.
15. Uffe, N.N., Diana, H.W., Johan, S. (2015). Soil Biodiversity and the Environment, Hawkesbury Institute for the Environment. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-102014-021257>.
16. The influence of environmental factors on species composition and distribution in a community forest in Northern Thailand, Siriluck Thammanu, Dokrak Marod, Hee Han, Narayan Bhusal, Lamthai Asanok, Pipat Ketdee, Noppakoon Gaewsingha, Seunghyun Lee & Joosang Chung, (2020). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-020-01239-y>.
17. <http://www.armmonitoring.am/page/1318>. Центр гидрометеорологии и мониторинга (просмотрено 13.09.2023).
18. <https://www.acopiancenter.am/>. Trees and Plants of Armenia (просмотрено 17.09.2021).
19. <https://www.gbif.org>. Свободный и открытый доступ к данным о биоразнообразии (просмотрено 25.01.2023).
20. [https://www.researchgate.net/publication/299343219\\_Optimal\\_Monitoring\\_of\\_Rare\\_Plant\\_Populations\\_Report\\_for\\_the\\_USDA\\_Forest\\_Service](https://www.researchgate.net/publication/299343219_Optimal_Monitoring_of_Rare_Plant_Populations_Report_for_the_USDA_Forest_Service). Optimal Monitoring of Rare Plant Populations Report for the USDA Forest Service (просмотрено 17.09.2021).

## Հայաստանի հազվագյուտ բուսատեսակների քարտեզագրումը և բնապահպանական խնդիրների լուծումը R ծրագրային ապահովման միջոցով

Գ.Մ. Եղիազարյան, Ա.Մ. Համբարձումյան

Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան

**Բանալի բառեր՝ բարձրությունների միջակայք, լեռնամարգագետնային գոտի, կենսաբազմազանության պահպանում, հազվագյուտ բուսատեսակներ, R ծրագրային ապահովում**

**Ա մ փ ո փ ա գ ի Ր :** Հոդվածում ներկայացված են հազվագյուտ բուսատեսակների տարածման օրինաչափությունները և R ծրագրային ապահովման տվյալների վերլուծությունն ու քարտեզագրումն ըստ ՀՀ լեռնամարգագետնային գոտու տեղագրական առանձնահատկությունների: R ծրագրային ապահովման հնարավորությունների և հետազոտությունների հիման վրա մեր կողմից մշակվել են հազվագյուտ բույսերի ու կենսաբազմազանության գոտիների պահպանությամբ պայմանավորված մի շարք էկոլոգիական խնդիրների լուծման ուղիներ: Լանդշաֆտների մոնիտորինգի, հողօգտագործման գնահատման, բնապահպանական խնդիրների և միտումների բացահայտման նպատակով համապարփակ ծրագրակազմի կիրառումն արդիական է, քանի որ դիտարկվում է որպես նեղ մասնագիտական թանկարժեք ծրագրերի այլընտրանք:

## Solving Ecological Problems and Mapping Rare Plant Species in Armenia Using the (R) Programming Language

G.M. Yeghiazaryan, A.M. Hambardzumyan

Armenian National Agrarian University

**Keywords:** *altitudinal range, biodiversity conservation, mountain meadow zone, R programming language, rare plant species*

**Abstract.** The current work presents the distribution patterns of rare plant species and the mapping results with the help of the R programming language. In addition, it considers the topographical features of the RA mountain meadow zone. Taking the advantages of the R program capacity and the results of environmental studies of the given area, ways of solving several environmental problems related to the preservation of rare plants and biodiversity, depending on meteorological ( $T_{max}$ ,  $T_{min}$ ,  $RH$ ,  $V$ ) and soil moisture indicators were developed. The analysis was made with the data of Kajaran (1843 m) and Jermuk (2064 m) hydrometeorological stations, based on which the assessment of moisture availability of rare plant species was conducted, and the most dangerous periods for the development of life and growth of the mentioned plants were revealed. In particular, for plants at an altitude of 1800-2000 m, it was 75-130 days, and for those at the altitude of 2000 m, it was 60-110 days. Geospatial data analysis was performed, which allows to analyze and visualize environmental data through a cartographic representation. The use of comprehensive open source code for land use change assessment, landscape monitoring, ecological trends, and environmental problem identification is considered relevant, as it enables to avoid the use of narrow professional and expensive programs.

Принята: 14.07.2023 г.  
Редактирована: 30.08.2023 г.