

**Аналіз ландшафтного різноманіття:
кількісний підхід**Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ,
e-mail: d.svidzinska@gmail.com

Анотація. В основу кількісних методів аналізу ландшафтного різноманіття (ЛР) покладено ідею про те, що територіальну конфігурацію ландшафту можна охарактеризувати деякими показниками, які відносно легко піддаються розрахунку та інтерпретації. В статті розглянуто низку показників типологічного та хорологічного ЛР. Інтерпретація побудованих на цій основі тематичних карт засвідчує високі рівні ЛР для гірських регіонів та екотонних зон. Подальший розвиток методики потребує удосконалення процедури визначення оптимально розміру вікна, що ковзає.

Ключові слова: ландшафтне різноманіття, показники ландшафтного різноманіття, ГІС, FragStats.

Вступ

Концепція ландшафтного різноманіття (далі – ЛР) відіграє важливу роль у формуванні підґрунтя та реалізації стратегій сталого природокористування [4, 9, 11], територіального розвитку [14–16], охорони природи [10, 14]. Широта областей прикладного застосування обумовила багатство інтерпретацій поняття ЛР [3, 5–7, 12, 13]. Відсутність при цьому загальноприйнятого визначення означає, що процес формування загальних теоретичних засад концепції ЛР триває, роблячи актуальними широке коло супутніх науково-методичних проблем, зокрема – узагальнення відомих та формулювання нових положень про ЛР, його сутність, методи досліджень, інтерпретацію отриманих результатів [4, 8, 11]. В такому контексті особливої ваги набуває питання розвитку методів кількісного оцінювання ЛР, покликаних забезпечити науковців та практиків об'єктивними та зіставними результатами, зручними для прикладної інтерпретації [2, 4, 10, 19].

В основу кількісних методів аналізу та оцінювання ЛР покладено ідею про те, що територіальну конфігурацію ландшафту можна охарактеризувати деяким кількісним показником чи показниками [2, 8]. Особливо бурхливого розвитку такий підхід в дослідженнях ландшафтів набув в 1960–70-ті рр., коли було запропоновано цілу низку показників, які характеризували складність, різноманіття, контрастність та інші риси територіального устрою ландшафтів [2, 4, 16]. Математизація географічної науки, а згодом – її інформатизація відкрили нові можливості у вивченні ландшафтів, реалізовані функціями геопросторового аналізу ГІС.

Мета роботи – ознайомлення з методами кількісного аналізу ЛР та їх застосування для визначення характерних геопросторових рис розподілу кількісних показників ЛР в межах території України. При цьому послідовно вирішуються наступні завдання:

- обґрунтування набору показників та їх інтерпретація в контексті аналізу ЛР;
- ознайомлення з програмним забезпеченням (далі – ПЗ) FragStats, як доступним і функціональним інструментом для кількісного аналізу просторової структури ландшафтів;
- побудова та аналіз серії карт, що демонструють особливості просторового розподілу значень показників ЛР, розрахованих за допомогою ПЗ FragStats.

Матеріали і методи

Вихідним матеріалом для проведення аналізу послугувала попередньо прив'язана та векторизована карта ландшафтів України (базовий масштаб 1:2 500 000) [1]. Для подальшого аналізу карту переведено в растровий формат ASCII з розміром комірки растру 500 м.

В якості основного аналітичного інструменту було використане ПЗ Fragstats 4.1 призначене для розрахунку широкого спектру ландшафтних метрик на основі категоріальних карт наземного покриття [18]. Його вибір обумовлений наступними чинниками:

- вільний доступ – актуальна версія ПЗ може бути завантажена та інстальована без плати за ліцензійне користування;
- інтероперабельність, виражена в підтримці значної кількості форматів файлів даних;
- документованість – ПЗ забезпечене вичерпною документацією, що висвітлює як загальні принципи роботи (довідник користувача, навчальні матеріали та тестові дані), так і прикладні аспекти застосування, описані низкою публікацій у міжнародних фахових виданнях [16, 17, 19];
- широкий спектр показників – загальна кількість доступних для розрахунку метрик становить близько 200, в т.ч. і найбільш поширені показники ландшафтного різноманіття (див. табл. 1);
- багатий досвід використання міжнародною академічною спільнотою, викладений зокрема в роботах [16, 19].

Таблиця 1.

Показники FragStats, використані для кількісної оцінки ЛР [16, 17]

Показник	Формула [од. вимірювання]	Інтерпретація
Число типів патчів (Patch Richness - PR)	$PR = m$ $PR \geq 1$ [кількість]	визначає число типів патчів безвідносно їх загальної та просторової поширеності
Щільність ландшафтного різноманіття (Patch Richness Density – PRD)	$PRD = \frac{m}{A} (10.000)(100)$ $PRD \geq 0$ [к-ть на 100 га]	використовується для оцінки різноманітності в розрахунку на одиницю площі, що полегшує порівняння між різними ландшафтами
Індекс відносного ландшафтного різноманіття (Relative Patch Richness – RPR)	$RPR = \frac{m}{m_{\max}} (100)$ $0 < RPR \leq 100$ [%]	розраховує різноманіття ландшафту у відсотках від максимально можливого, заданого користувачем
Індекс Шеннона (Shannon's Diversity Index – SHDI)	$SHDI = \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$ $SHDI \geq 0$ [інформація]	вимірює різноманіття, з урахуванням поширеності та рівномірності, тобто кількості типів патчів в ландшафті (композиційний компонент), і їх рівномірного розподілу в межах території дослідження (структурний компонент)
Індекс Сімпсона (Simpson's Diversity Index – SIDI)	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$ $0 \leq SIDI < 1$ [-]	являє собою ймовірність того, що будь-які випадково обрані пікселі будуть належати до різних типів. Чим вище значення, тим більш рівномірним є розподіл площі між різними типами ландшафтів
Індекс однорідності Сімпсона (Simpson's Evenness Index – SIEI)	$SIEI = \frac{1 - \sum_{i=1}^m P_i^2}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)}$ $0 \leq SIEI < 1$ [-]	значення індексу інтерпретуються таким чином, що рівномірний розподіл площ між різними типами патчів дає максимальну однорідність. Таким чином однорідність виступає опосередкованою ознакою домінантності.
де m – число типів патчів (класів ландшафтів); $m_{\max}$ – максимальне число типів патчів; A – загальна площа території дослідження, м ² ; P_i – частка ландшафту, зайнята патчем i -го типу		

Результати та обговорення

В результаті аналізу було побудовано низку тематичних карт, що відображають особливості геопросторового розподілу значень показників ландшафтного різноманіття, приклади деяких з них наведено на рис. 1-3.

Індекс PR за своєю сутністю є найпростішою мірою типологічного ландшафтного різноманіття. Порівнюючи карти, що відображають геопросторовий розподіл значень показника, зазначимо, що даний індекс не враховує відносний вміст, таким чином і рідкісні і поширені типи ландшафтів створюють рівний внесок у цінність ландшафту. Тим не менш, показник числа типів є зручним інструментом аналізу ландшафтної структури з типологічної точки зору, оскільки багатство ландшафтних елементів може мати істотний вплив на різні екологічні процеси (рис. 1).

Великі площі як правило, мають більшу цінність, оскільки характеризуються більшим різноманіттям. Тому порівняння ЛР для територій, що різняться своєю площею може бути проблематичним. Індекс PRD полегшує це завдання і використовується для оцінки різноманіття в розрахунку на площу.

Максимальні значення показника PRD спостерігаємо на півночі та заході України, в межах Київської, Дніпропетровської, Харківської, Херсонської областей та АР Крим. Найменші показники характерні для центральної частини країни, що відповідає лісостеповій та степовій зонам, а також південно-західним регіонам України (Тернопільська, Чернівецька, Івано-Франківська області) – зоні мішаних лісів. Застосування цього індексу робить співставними значення ЛР для різних за площею територій, оскільки виконується в розрахунку на площу.

Кarti побудовані для індексу SIEI відображають однорідність розподілу площі серед патчів. Однорідність вираховується наступним чином: визначений рівень різноманіття ділиться на такий же максимально можливий рівень для даного патча. Саме тому для групи карт побудованих за цим показником максимальний та мінімальний діапазон значень є оберненим (рис. 3). Максимальні значення ми спостерігаємо у центральних та центрально-західних регіонах, а мініально можливі у гірських системах Карпат та Криму, східному Поліссі та інших.

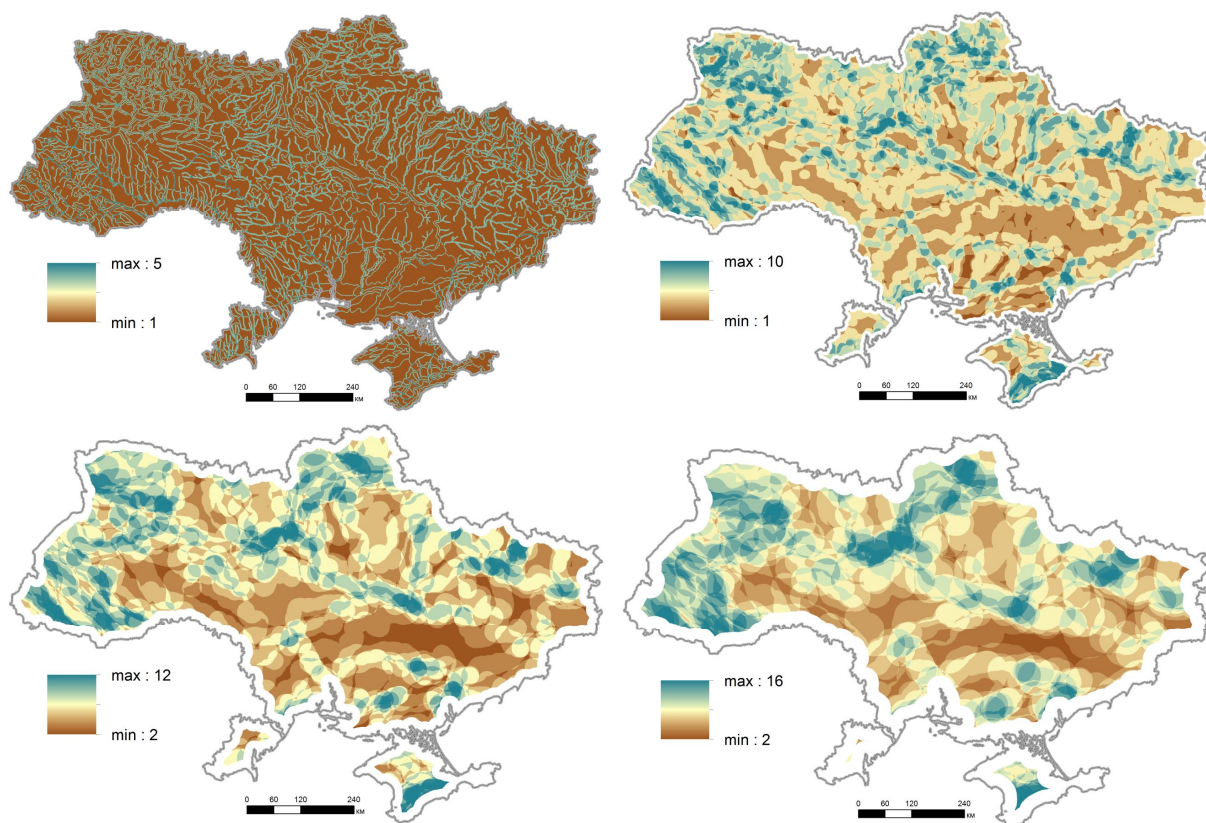


Рис. 1. Геопросторовий розподіл значень показника PR: діаметр кола, що ковзає , що ковзає 1, 10, 20 та 30 км відповідно

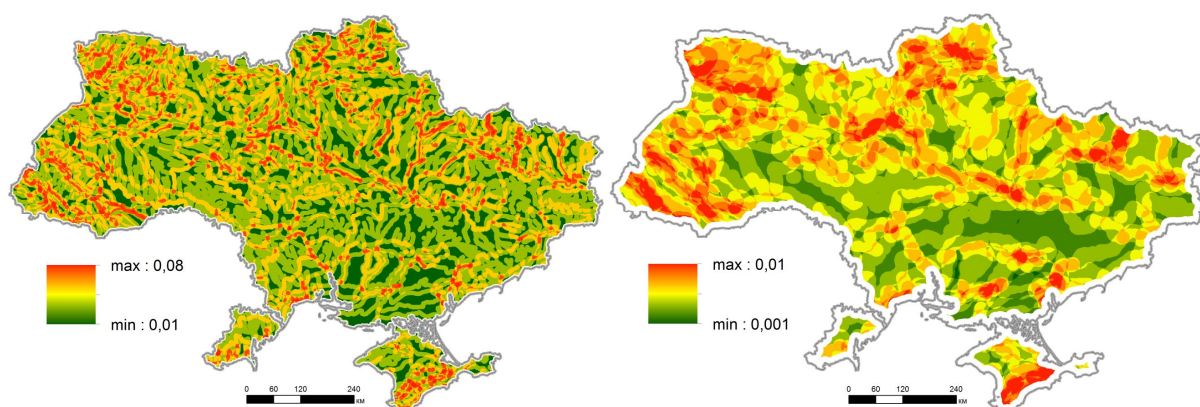


Рис. 2. Геопросторовий розподіл значень показника PRD: діаметр кола, що ковзає 5 та 15 км

Загалом, аналізуючи всі карти, можна відмітити наступні загальні характерні риси. Максимуми значень ЛР на території України характерні для Полісся, Карпатського та Кримського регіонів, а також заплав найбільших річок, таких як Дніпро, Сіверський Донець, Дністер. Провідними чинниками, що визначають неоднорідність в розподілі ЛР є строкатість та дрібноконтурність ґрунтоутворюючих порід, і як наслідок – ґрунтового та рослинного покриву (Полісся). У випадку гірських регіонів Карпат та Криму – швидка зміна фізико-географічних умов з висотою. Вузькі річкові долини також є осередками підвищеного ЛР. Окремо слід відзначити перехідні смуги між природними зонами (лісова-лісостепова-стєпова), які характеризуються максимумами ЛР.

Висновки

ЛР є особливим виявом всезагального та земного природного різноманіття і вирізняється з-поміж інших їх складників інтегративною сутністю свого змісту, поєднуючи в собі властивості множинностей складових геокомпонентів. Ключовим методом пізнання властивостей ЛР є його кількісний аналіз, що може бути реалізований через виявлення і підбір показників (різноманіття, багатство, щільність тощо). Такий аналіз може використовуватись як важливий засіб логічної систематизації емпіричного матеріалу, виявлення і відображення кількісних залежностей у досліджуваних об'єктах, а також як особлива форма аналогії.

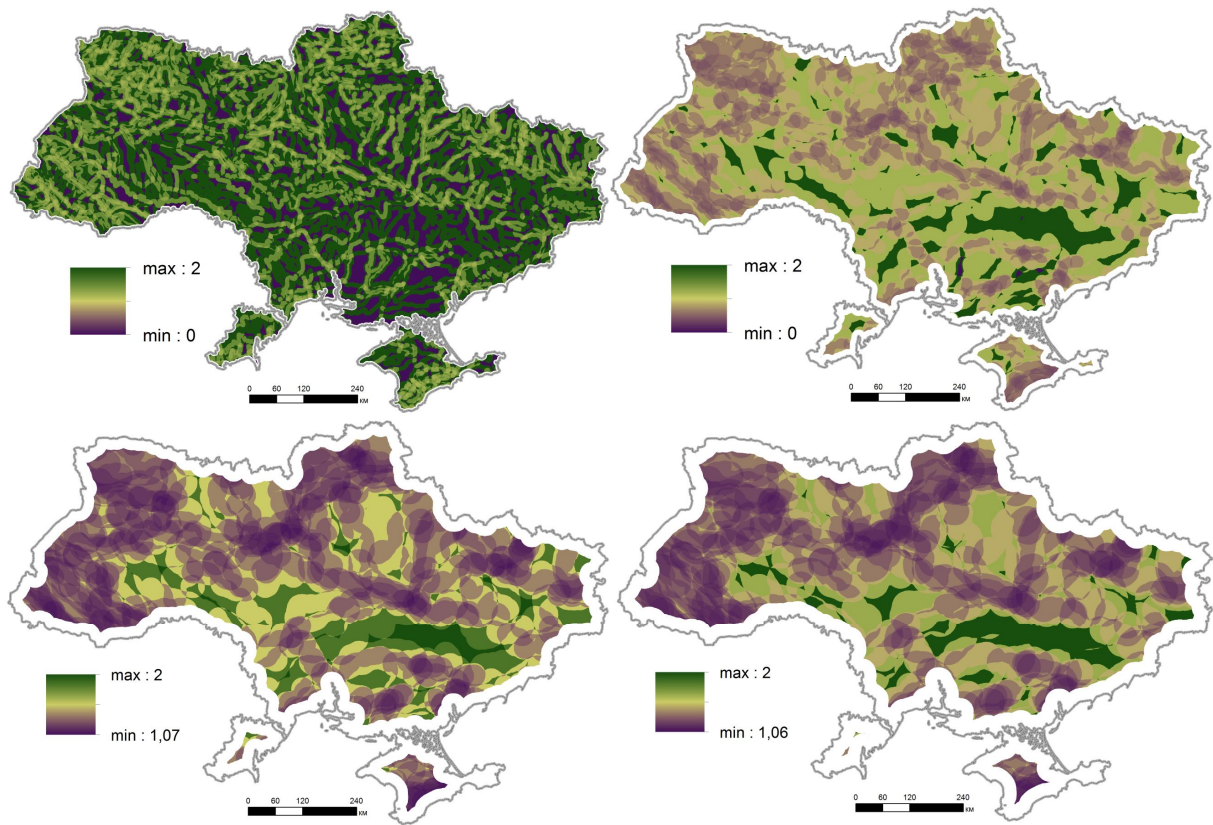


Рис. 3. Геопросторовий розподіл значень показника SIEI: діаметр кола, що ковзає 5, 15, 25 та 30 км відповідно

Наукове і прикладне значення побудованих карт ЛР визначається тим, що вони аналізують особливості ландшафтної структури території і загальні властивості природних комплексів у систематизованому вигляді. Ґрунтуючись на об'єктивних взаємоспівставних кількісних показниках, карти відбивають особливості диференціації географічної оболонки, які виявляються у формі просторово обмежених поєднань, що історично склалися, безперервно розвиваються і виділяються як ландшафти.

У ході побудови та аналізу серії карт, що демонструють особливості просторового розподілу значень показників ЛР, впливають дві принципові методологічні проблеми: вибір оптимального розміру кола, що ковзає та зменшення інформативності карт із збільшенням площі кола, що ковзає, за рахунок зрізання зовнішньої межі.

В процесі дослідження вибір розміру кола виходив з наступних міркувань:

- при маленькому розмірі кругового вікна відображаються локальні коливання ЛР (як правило, уздовж річкових долин, меж типів ландшафтів) і, отже, з'являється велика кількість фрагментів з нульовим значенням індексу;
- при великому розмірі кругового вікна практично повністю зникнуть області з мінімальним різноманіттям, крім того, області високого ЛР при розрахунках спотворюватимуть результати прилеглих територій.

Таким чином, застосування даної методики зможе дати кращі результати, якщо підібрати площу кола, що ковзає, відповідно до специфіки території дослідження (головним чином площею, формою та характером розподілу конфігурацій ландшафтів), а також базового масштабу вихідних картографічних матеріалів. В ідеалі, площа кола, що ковзає, повинна встановлюватись для кожної території індивідуально, виходячи із середньої площі полігонів тієї чи іншої видової групи ландшафту в межах ділянки, а також особливостей їх розташування. Вирішення даних методологічних проблем та подальша апробація методики для різних тестових ділянок є перспективою для продовження вивчення підходів та методів кількісного аналізу ЛР.

Литература

1. Атлас природних умов і природних ресурсів УРСР. – М. : ГУГК при СМ СРСР, 1978.
2. Викторов А. С. Рисунок ландшафта / А.С. Викторов. – М. : Мысль, 1986. – 179 с.
3. Василенко Л. І. Теоретичні аспекти проблеми ландшафтного різноманіття / Л. І. Василенко // Ландшафт як інтегруюча концепція XXI ст.: Зб. наук. праць. – К., 1999. – С. 47-50
4. География и мониторинг биоразнообразия [Колл. авторов]. – М. : Изд-во научного и учебно-методического центра, 2002. – 432 с.

5. Гриневецкий В. Т. До обґрунтування основних понять і методології досліджень ландшафтного різноманіття в Україні / В. Т. Гриневецкий // Український географічний журнал. – 2000. – №2. – С.8-13.
6. Гродзинський М. Д. Різноманіття ландшафтних різноманіть / М. Д. Гродзинський // Ландшафт як інтегруюча концепція XXI ст.: Зб. наук. праць. – К., 1999. – С. 50-56
7. Гродзинський М. Д. Суб'єктивні аспекти проблеми ландшафтного різноманіття / М. Д. Гродзинський // Проблеми ландшафтного різноманіття України: Зб. наук. праць. – К., 2000. – С. 34-37.
8. Гродзинський М. Д. Пізнання ландшафту: місце і простір: монографія у 2-х т. / М. Д. Гродзинський – К. : ВПЦ «Київський університет», 2005. – Т.2. – С. 363-374.
9. Гродзинський М. Д. Збереження та відтворення ландшафтного різноманіття в контексті сталого розвитку / М. Д. Гродзинський, П.Г. Шищенко // Заповідна справа в Україні. – 1998. – Т.4. Вип. 1. – С. 3-7
10. Домаранський А. О. Антропізація ландшафтів та її відображення в параметрах оцінки ландшафтного різноманіття / А. О. Домаранський // Наук. записки Вінницького держ. пед ун-ту імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія – 2003. – Вип. 6. – С. 44-51
11. Маринич О. М. Наукові засади дослідження ландшафтного різноманіття України / О.М. Маринич // Проблеми ландшафтного різноманіття України: Зб. наук. праць. – К., 2000. – С. 11-16
12. Пащенко В. М. Ландшафтна різноманітність та її історичні трансформації / В.М. Пащенко // Проблеми ландшафтного різноманіття України. Зб. наук. праць. – Київ, 2000. – С. 28-33
13. Пащенко В. М. Дослідження ландшафтного різноманіття як інваріантності та варіантності ландшафтів / В. М. Пащенко // Український географічний журнал. – 2000. – №2. – С.8-13
14. Проблеми збереження та відновлення біорізноманіття в Україні / [Д. М. Гродзинський та ін.] – К. : Вид. дім «Академперіодика», 2001. – 105 с.
15. Шеляг–Сосонко Ю. Р., Концептуальні засади наукового розуміння біорозмаїття / Шеляг–Сосонко Ю. Р. // Конвенція про біологічне розмаїття: громадська обізнаність і участь. – К., 1997. – С. 11-23
16. Leitão A. B. Measuring Landscapes: A Planner's Handbook / A. B. Leitão, J. Miller, J. Ahern, K. McGarigal. – Island Press, 2006 – 272 p.
17. McGarigal K. Fragstats Help, 2014. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>
18. McGarigal K. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst / K. McGarigal, S. A. Cushman, M. C. Neel, E. Ene, 2002. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
19. McGarigal K. Surface metrics: An alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure / K. McGarigal, S. Tagil, S.A. Cushman // Landscape Ecology. – 2009. – № 24 – p. 433-450

Аннотация. Д. М. Чмышенко, Д. В. Свидзинская **Анализ ландшафтного разнообразия: количественный подход.** В основе количественных методов анализа ландшафтного разнообразия (ЛР) лежит идея про то, что территориальная конфигурация ландшафта может быть охарактеризована некоторыми показателями, которые относительно легко поддаются расчету и интерпретации. В статье рассмотрены несколько показателей типологического и хорологического ЛР. Интерпретация построенных на этой основе тематических карт подтверждает высокие уровни ЛР для горных регионов и экотонных зон. Дальнейшее развитие методики нуждается в совершенствовании процедуры определения оптимального размера скользящего окна.

Ключевые слова: ландшафтное разнообразие, показатели ландшафтного разнообразия, ГИС, FragStats.

Abstract. D. I. Chmyshenko, D. V. Svidzinska **Analysis of landscape diversity: a quantitative approach.** The idea that it is possible to describe the spatial configuration of landscape with some indices that are relatively easy to compute and interpret underlies the methods of the quantitative analysis of landscape diversity (LD). The article describes several indicators of typological and chorological LD. The interpretation of the thematic maps constructed on this basis confirms high level of LD for mountain regions and ecotone zones. There is a need to improve the definition procedure of the moving window suitable size for further methodology development.

Keywords: landscape diversity, landscape diversity indices, GIS, FragStats.

Поступила в редакцию 30.01.2014 г.