

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

6-2025
TABIIY FANLAR

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

zavodi ta'sirida o'zgarishi	260
M.Sh.Xidirov	
Geographical approaches to improving the territorial structure of service sectors in Kashkadarya region	265
D.X.Jo'raqulova, X.J., Jurakulov B.B. Malikov, Sh.A. Ravshanov	
Janubiy-g'arbiy O'zbekistonda antropogen landshaftlar shakllanishida g'orlarning tutgan o'rni (Surxondaryo havzasi misolida)	271
N.D.Qosimov	
Sangzor havzasining turizm salohiyatini oshirish imkoniyatlari va tabiiy resurslar tahlili	276
X.A.Abduxakimova, A.A.Nematov	
Janubiy Farg'ona och tusli bo'z tuproqlarining agrokimyoviy xossalari va unumdorligi	280
S.A.Ibroximova, D.M.Xoldarov, B.M.Qo'chqorov	
Sug'oriladigan och tusli bo'z tuproqlarning agrokimyoviy xossalari	287

GEOGRAFIYA

Y.I.Axmadaliyev, O.I.Abduganiev	
Biologik xilma-xillik bo'yicha kunming-monreal global dasturini (GBF) O'zbekistonda amalga oshirishning geoeologik asoslari	293
N.A.Esanov	
Shaharchalarning joylashgan o'rni iqtisodiy-geografik rivojlanish omili (Termiz tumani misolida)	307
M.T.G'oziyeva	
Zominsuv havzasining rekreatsiya resurslardan oqilona foydalangan holda turizmni rivojlantirish yo'llari	313
M.T.G'oziyeva	
Zomin suv havzasida turizmni rivojlantirishiga ta'sir etuvchi tabiiy geografik omillar	317
Sh.M.Sharipov, N.R.Samatova	
Toshkent viloyatida jar eroziyasi xavfi: DEM va GIS tahlili	322
B.A.Dadajonov, A.A.Abdubannopov	
Aqlli ko'chat ekish mashinasi – yashil kelajak uchun innovatsiya	331
O.I.Abduganiev, D.B.Kosimov, Z.I. Mamirova	
Landshaftlardagi bog'lanishni modellashtirish asosida ekologik tarmoqlarni shakllantirish	337
L.M.Saydaliyeva	
Sakral landhsftlarning hosil bo'lishi va funksiyalari	346
A.A.Xamidov	
Farg'ona vodiysi tabiat komplekslarining xx-asrda tadqiq qilinishi natijalari	354
B.A.Dadajonov, A.A.Abdubannopov	
Agroai drone – sun'iy intellektli aqlli qishloq xo'jaligi monitoring platformasi	357
U.T.Egamberdiyeva, A.B.Bozorboyev	
Xovos tumani aholisining joylanishi va demografik rivojlanish xususiyatlari	361
H.N.Naimov	
Shimoliy Farg'ona tog'oldi hududi landshaft-ekologik sharoitining hozirgi holati va uni baholash	367
J.A.Ismatov	
O'zbekiston monoshaharlari aholisi sonining dinamikasi	372
O.I.Abduganiev, T.D.Komilova	
MSPA-Mcr modeli asosida ekologik karkasni shakllantirish va optimallashtirish mezonlari	379
R.Y.Xoliqov, O.A.Qo'chqorov, S.B.Saydullayeva	
Landshaftlarning ekologik holatining o'zgarishi va ularni baholash:(Farg'ona vodiysi yirik shaharlar misolida)	395
B.R.Rapiqov	
Norin-Sirdaryo havzasidagi suv omborlaridan foydalanish samaradorligini oshirish imkoniyatlari	399

EKOLOGIYA



UO'K: 502.131:004.738:502.7

LANDSHAFTLARDAGI BOG'LANISHNI MODELLASHTIRISH ASOSIDA EKOLOGIK TAR-MOQLARNI SHAKLLANTIRISH**ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТНОЙ СВЯЗНОСТИ****FORMATION OF ECOLOGICAL NETWORKS BASED ON LANDSCAPE CONNECTIVITY MODELING****Abduganiev Olimjon Isomiddinovich¹** ¹Farg'ona davlat universiteti Geografiya kafedrası professori, DSc.**Kosimov Dilshodbek Baxodirovich²** ¹Farg'ona davlat universiteti, o'qituvchi**Mamirova Zulfiya Ibroximjon qizi³** ³Abu Ali ibn Sino nomidagi ixtisoslashgan maktab Farg'ona filialining Geografiya fani o'qituvchisi**Annotasiya**

Ushbu maqolada zamonaviy landshaft ekologiyasida muhim ahamiyatga ega bo'lgan landshaftlardagi ekologik bog'lanishni modellashtirish, uning tuzilishi, funksional xususiyatlari va ekotizim barqarorligi uchun ahamiyati ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqotda geotizimlarda kechayotgan antropogen o'zgarishlar, fragmentatsiya jarayonlari va ularning biologik xilma-xillikka ta'siri bayon etilgan. Shuningdek, landshaft konfiguratsiyasi, tabiiy hududlar shakli, hajmi va joylanishi turlar migratsiyasi, genetik almashinuv va ekotizim barqarorligiga qanday ta'sir qilishini ochib berilgan. Maqolada landshaftlarning strukturaviy va funksional bog'lanishini baholashda qo'llaniladigan yondashuvlar va mezonlarning qiyosiy tahlili berilgan. Ushbu yondashuv tabiatni muhofaza qilish, ekoyo'laklarni rejalashtirish, biologik xilma-xillikni saqlash va hududiy ekologik siyosatni takomillashtirishda muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Аннотация

В данной статье научно проанализировано моделирование экологической связности ландшафтов, структуры и функциональные особенности связей, а также их значение для устойчивости экосистем, являющиеся важными направлениями современной ландшафтной экологии. В исследовании рассматриваются антропогенные изменения в геосистемах, процессы фрагментации и их влияние на биологическое разнообразие. Также раскрыто, каким образом конфигурация ландшафта, форма, размер и пространственное расположение природных территорий воздействуют на миграцию видов, генетический обмен и устойчивость экосистем. В статье приведён сравнительный анализ подходов и критериев, применяемых для оценки структурной и функциональной связности ландшафтов. Данный подход имеет важное практическое значение для охраны природы, планирования экокоридоров, сохранения биологического разнообразия и совершенствования региональной экологической политики.

Abstract

This article provides a scientific analysis of landscape ecological connectivity modelling, including the structural and functional characteristics of connectivity and its significance for ecosystem stability—key concepts in modern landscape ecology. The study discusses anthropogenic changes in geosystems, fragmentation processes, and their impacts on biodiversity. It also examines how landscape configuration, as well as the shape, size, and spatial arrangement of natural areas, influence species migration, genetic exchange, and ecosystem resilience. The article offers a comparative analysis of approaches and criteria used to assess structural and functional landscape connectivity. This approach holds important practical value for nature conservation, ecological corridor planning, biodiversity preservation, and the improvement of regional environmental policy.

Kalit so'zlar: biologik xilma-xillik, landshaft bog'lanishi, landshaft uzviyligi, morfologik ko'rsatkichlar, struktur bog'lanish, funksional bog'lanish, MSPA, MCR, ekologik tarmoqlar.

Ключевые слова: биоразнообразие, ландшафтная связь, ландшафтная сплоченность, морфологические показатели, структурная связь, функциональная связь, тспра, тср, экологические сети.

Key words: biodiversity, landscape linkage, landscape continuity, morphological indicators, structural linkage, functional linkage, MSPA, MCR, ecological networks.

KIRISH

Yer sayyorasidagi global ekologik o'zgarishlarni zamonaviy kompleks tahlillar insonning antropogen faoliyati tobora kuchayib borayotganini va uning ta'siri geosferalar darajasiga yetganini ko'rsatmoqda. Bu jarayonlar natijasida geologik rivojlanishning yangi bosqichi – "Antroposen" davri shakllanmoqda, u inson faoliyatining global darajadagi ta'siri bilan tavsiflanadi [19, 20]. Antroposen sharoitida antropogen ta'sir global darajada sodir bo'lmoqda hamda o'z navbatida biologik xilma-xillikning qisqarishi, turlarning yashash muhitini izdan chiqishi, ekotizim xizmatlarining susayishi va ekologik muvozanatning izdan chiqishiga sabab bo'lmoqda. Global ekologik o'zgarishlarga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omillar urbanizatsiya, qishloq xo'jaligi va iqlim o'zgarishi hisoblanadi. Hozirgi kunda jahon aholisining taxminan 55% shahar hududlarida istiqomat qilmoqda, 2030 yilga kelib, bu ko'rsatkich 68% yetishi kutilmoqda [22].

Bunday jarayonlar ko'p hollarda tabiiy landshaftlarning fragmentatsiyasini keltirib chiqaradi. Fragmentatsiya – bu yaxlit va katta tabiiy geotizimlarning ko'p sonli mayda uchastkalarga ajralib ketishi bilan tavsiflanadigan jarayondir (Wilcove va McLellan, 1986). Natijada tabiiy landshaftlar o'rtasidagi va ular ichidagi ekologik bog'lanishni izdan chiqishiga olib keladi. Landshaftlardagi ekologik bog'lanish biologik turlarning turli hududlar o'rtasida yoxud yagona landshaft birligi ichida erkin migratsiya va tarqalish qobiliyatini aks ettiradi [4].

Mazkur jarayonlar nafaqat tabiiy landshaftlarning strukturasi va funksiyalariga, balki biologik xilma-xillikning barqarorligiga ham jiddiy ta'sir ko'rsatmoqda. Shu bilan birga, biologik turlarning yashash muhiti fragmentatsiyasi, ekotizim xizmatlarining susayishi va biotik resurslarning yo'qolishi kuzatilmoqda. Tabiiy landshaftlarning fragmentatsiyasi va ulardagi yashash muhitlarining yo'qolishi ham tabiiy, ham inson faoliyati ta'sirida keng tarqalgan hodisaga aylanib, mahalliy turlar o'rtasidagi o'zaro munosabatlar hamda global bioxilma-xillik uchun jiddiy salbiy oqibatlariga olib kelmoqda. Hozirgi kunda inson faoliyati Yer yuzasidagi landshaftlarning 50 %dan ortiq qismi o'zgartirgan bo'lib, millionlab turlarning yashash muhitlari tabiiy va tabiiy-antropogen landshaftlarda "izolyatsiya" holatida saqlanib qolgan [14]. Dunyo miqyosida bioxilma-xillik tarkibi va geotizim funksiyalarining o'zgarishi global ekologik tarmoqda bog'lanish hamda yaxlitlikning buzilishiga olib kelmoqda [15].

Landshaft ekologiyasida qo'llanilayotgan landshaftlardagi bog'lanish (landscape connectivity) tushunchasi keng ma'noda "landshaftning turli morfologik birliklaridagi yashash muhitlari (habitat patches) o'rtasida organizmlar harakatini yengillashtirishi yoki cheklashi darajasi" sifatida izohlanadi. "Yashash muhiti" – bu ma'lum tur uchun yashashi, ozuqa izlashi, ko'payishi va panoh topish imkonini to'liq ta'minlay oladigan tabiiy geotizimning ma'lum bir qismidir [4]. Ya'ni, bog'lanish ko'rsatkichi landshaftdagi biotik oqimlar uchun qanchalik "o'tkazuvchan" yoki "to'siq" ekanligini belgilaydi. Ayrim tadqiqotchilarning fikricha, bog'lanish bu faqatgina yashash muhitlari va ularni bog'lab turuvchi ekologik yo'laklar bilan bog'liq tuzilma emas, balki landshaftning uzluksiz, dinamik xususiyati bo'lib, uning butun hududiy tuzilishida namoyon bo'ladi [5, 6].

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYASI

Landshaft ekologiyasida "landshaftning bog'lanishi" va "landshaftning uzviyligi" tushunchalari ko'p hollarda o'xshash ma'noda qo'llanilsa-da, ular ilmiy mazmun jihatidan farq qiladi. Bu farq, avvalo, landshaftning funksional xususiyatlari va strukturaviy tuzilishiga nisbatan yondashuvda namoyon bo'ladi. Landshaft ekologiyasidagi "landshaftning bog'langanlik (landscape connectivity)" tushunchasi ilk bor 1984 yilda kanadalik olim Doktor Grey Merriam tomonidan ilmiy muomalaga kiritilgan [9]. Grey Merriam o'z tadqiqotlarida turlar harakati faqat organizmning fiziologik yoki biologik xususiyatlarigagina emas, balki u harakat qilayotgan landshaft elementlarining sifat xususiyatlariga ham bog'liq ekanligini ta'kidlagan.

Taylor Philip D. va boshq. (1993) Grey Merriam (1984) tomonidan berilgan ta'rifni takomillashtirib, uni quyidagicha ifodalashdi: "Landshaftdagi bog'lanish – bu landshaftdagi organizmlarning yashash muhitlari o'rtasidagi harakatini yengillashtirish yoki qiyinlashtirish darajasidir." [4]. Bu ta'rif keyinchalik dunyo miqyosidagi aksariyat ilmiy manbalarda eng ko'p qo'llanilgan va iqtibos qilingan ta'rif sifatida qabul qilindi. Biroq keyingi yillarda olimlar ushbu tushunchaga turlicha yondashuvlarni taklif etishdi.

GEOGRAFIYA

Masalan, With va boshq. (1997) landshaft bog'lanishini "Yashash muhitlari o'rtasidagi funksional munosabatlar, ya'ni yashash muhiti tarqalishi va organizmlarning landshaft tuzilishiga javob harakatlari bilan belgilanuvchi munosabatlar tizimi" deb ta'riflashgan [11]. Shuningdek, Ament va boshq. (2014) bu tushunchani yanada kengroq ma'noda qo'llab, "Landshaft bog'lanishi – bu mintaqaviy landshaftning turli tabiiy, tabiiy-antropogen va yerdan foydalanish tuzilmalari orqali hayvonot dunyosi harakatini ta'minlash hamda ekologik jarayonlarni qo'llab-quvvatlash qobiliyati darajasidir" deb ta'kidlaganlar [12].

Tadqiqotchilardan Baguette et al. (2012) va Fischer & Lindenmayer (2004, 2006) turlarning individ darajasidagi dispersiya mexanizmini atrof muhitning tarkibiy mosligi bilan bog'laydi. McClure et al. (2014) va Crooks & Sanjayan (2006) ishlarida yirik landshaftlar miqyosidagi ekologik yo'laklar, biokoridorlar va "stepping stones" orqali migratsiya yo'nalishlari saqlanishiga e'tibor qaratilgan. Ayram et al. (2016) esa so'nggi 10 yildagi 300 dan ortiq ilmiy izlanishni tahlil qilib, antropogen landshaftlarda bog'lanish modellarining eng samarali turlari sifatida: least-cost path, circuit theory, graph-theory, IBDM (individual-based dispersal models) modellarini ko'rsatadi. Turlar dispersiyasi nuqtai nazaridan "landscape resistance" modeli Diniz et al. (2020) tomonidan takomillashtirib, turlar xulq-atvori, sensor qobiliyati, patchlarni tanlash strategiyasini modelga qo'shish zarurligini ta'kidlaydi.

Yuqoridagi tadqiqotlar natijalari landshaft xaritalari, yerdan foydalanish turlari to'g'risidagi ma'lumotlarni tahlil qilish hamda tabiiy landshaftlar, ekologik yo'laklar va antropogen landshaftlarni identifikatsiya qilishga imkon beradi. Bu yondashuv landshaftlardarning qarshilik sirtini va fragmentatsiya darajasini aniqlash, biologik turlarni yashash muhitlarini kompleks baholashga baholashga xizmat qiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Landshaftlar o'rtasidagi bog'lanishning yo'qolishi individual organizmlar, populyasiyalar va jamoalarga tur ichida, turlar orasida hamda turli geotizimlar o'rtasidagi o'zaro munosabatlar orqali ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bu o'zaro ta'sirlar qator ekologik mexanizmlarni o'z ichiga oladi: moddalar va energiya oqimining buzilishi, yirtqich–qurbon (predator–prey) munosabatlarining izdan chiqishi, changlanish jarayonlarining susayishi, o'simlik areallarini tarqalishining to'xtashi, populyasiyalarning demografik tiklanish imkoniyatining pasayishi, qarindoshlar orasidagi juftlanishdan qochish imkoniyatining yo'qolishi, bo'sh hududlarni koloniyalash jarayonlarining cheklanishi, turlar o'rtasidagi munosabatlarning o'zgarishi va kasalliklarning tarqalishi kabi holatlar shular jumlasidandir [16].

Shu sababli, landshaftlardagi bog'lanish tabiiy jarayonlarni bir ma'romda kechishini, ya'ni hayvonlarning ko'chishi, o'simliklarning tarqalishi va genetik almashinuvni hamda madda va energiyaning geotizimlar ichida va ular o'rtasida harakatlanishining barqarorligini ham ta'minlaydi [12]. Shunday qilib, so'nggi 30 yil davomida "landshaft bog'lanishligi" tushunchasining ko'plab ta'riflari yaratilgan bo'lsa-da, barchasida ikki muhim jihat umumiydir:

–**Strukturaviy komponent (structural component)** — landshaft elementlarining hududiy va vaqtinchalik konfiguratsiyasi (ya'ni, relef, yer qoplami, yerdan foydalanish turlari) bilan bog'liq.

–**Xulq-atvor komponenti (behavioural component)** — organizmlar yoki ekologik jarayonlarning ushbu tabiiy tuzilishga nisbatan qanday javob ko'rsatish reaksiyasi bilan izohlanadi [13].

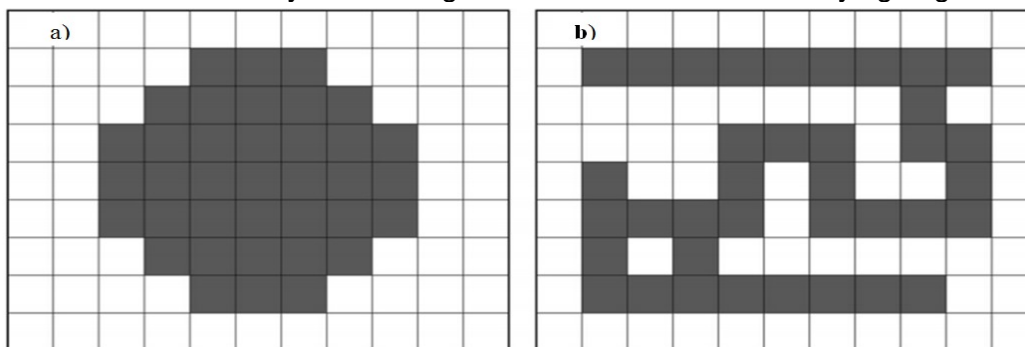
Bu ikki komponentning o'zaro bog'liqligi landshaft bog'lanishligini faqat "hududiy yoki geometrik munosabatlar tizimi" sifatida emas, balki dinamik, biotik va ekologik jarayonlarni qamrab olgan tizimli kategoriya sifatida anglash imkonini beradi. Doktor Grey Merriamning konsepsiyasi shundan dalolat beradiki, landshaft bog'lanishligi — bu nafaqat joyning tuzilishi, balki undagi hayotning harakat qonuniyatlarini ham o'z ichiga olgan kompleks ekologik atamadir. Bu tushuncha keyinchalik ekologik tarmoqlar, migratsiya yo'laklari va bioxilma-xillikni boshqarish modellarining amaliy asosiga aylandi Ayniqsa, tabiiy, tabiiy-antropogen va antropogen landshaftlar o'rtasida ekologik bog'lanishni va turlarning migratsiyasini ta'minlashda keng qo'llanilmoqda.

Tadqiqotchilar tomonidan hozirgi kunda landshaftlarning fragmentatsiyasi va ekologik bog'lanish darajasini baholashda eng ishonchli hisoblangan ko'rsatkichlar – MESH, IIC va PC kabi indekslardan foydalanilmoqda [24,25]. Bu indekslar turlarning landshaft doirasida harakatlanish imkoniyatlari, geotizim barqarorligi va fragmentatsiyasi darajasini aniqlashda samarali vosita

hisoblanadi. Ular orqali turlarni muhofaza qilish strategiyalari va ekokoyo'laklarni rejalashtirishda asoslangan qarorlar qabul qilish mumkin. Landshaftlarning morfologik birliklari bo'yicha ekologik bog'lanish darajasi biologik turlarning erkin harakatlanish imkoniyatini anglatadi. Lekin, bu bog'lanishni qanday o'lchash mumkinligi haqidagi tadqiqotlar landshaftlar o'rtasidagi bog'lanishga nisbatan kam o'rganilgan.

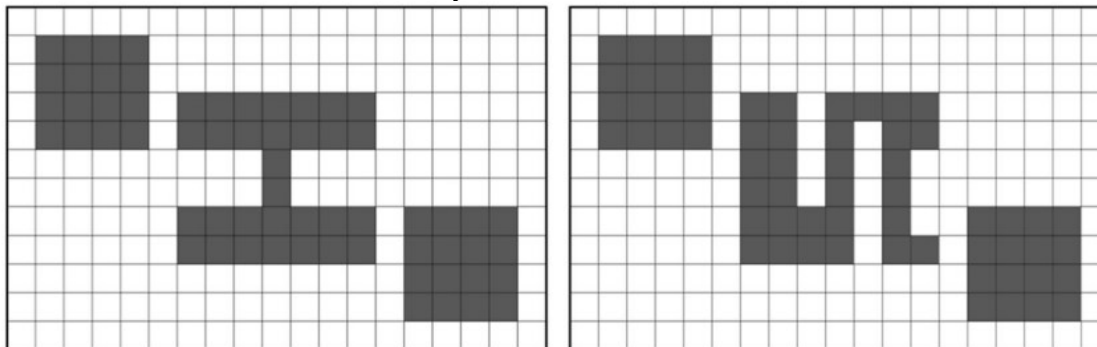
Ko'plab tadqiqotlarda, landshaft morfologik birliklari ichidagi bog'lanishni baholashda maydon kattaligi asosiy ko'rsatkich sifatida qo'llaniladi. Shu tariqa, katta maydonli tabiiy landshaftlar turlar uchun eng qulay yashash muhitlari hisoblanadi, kichik maydonlarga bo'linib ketgan va izolyasiya qilingan hududlar esa buni aksi. Landshaftning maydoni va yaxlitligi turlar uchun asosiy yashash muhiti sifatida ahamiyatga ega, ammo bu bog'lanishni baholashda shakl va konfiguratsiyani ham inobatga olish kerak. Shu bois, landshaftni yashash muhiti sifatida baholashda maydon kattaligi bilan birga hududning shakli, konfiguratsiyasi va ichki tuzilishi ham e'tiborga olinsa, turlar muhofazasi va ekoyo'laklarni rejalashtirishda samarali qarorlar qabul qilish imkoni paydo bo'ladi.

Demak, faqatgina maydon ko'rsatkichi landshaft ichidagi bog'lanishning barcha qonuniyatlarini aks ettira olmaydi. Chunki, u bir xil uchastkalar miqdoriy taqsimotiga ega, ammo hududiy konfiguratsiyasi turlicha bo'lgan holatlarni farqlay olmaydi. Masalan, ikki landshaftni olaylik: ikkalasi ham bir xil maydon kattaligiga ega. Lekin, birinchisi – yaxlit va areal shaklda, ikkinchisi– cho'zilgan bo'lib chiziqli shaklga ega. Bu ikki holat turlarning uchastka ichidagi harakatlanish imkoniyatlariga turlicha ta'sir ko'rsatishi mumkin (1-rasm). Ayniqsa, yashash muhit uchastkasidan tashqarida harakatlanish imkoniyati cheklangan turlar uchun muhim ahamiyatga ega.



1-rasm. Bir xil maydon kattaligidagi, ammo turli shaklga ega bo'lgan yashash muhitlari (a–areal, b–chiziqli).

Bir necha kichik tabiiy hududlar (qo'riqlar) mavjud bo'lgan landshaftlarda, hatto agar uchastkalarining maydon taqsimoti va ularning izolyasiya darajasi (ya'ni uchastkalar orasidagi minimal masofa) bir xil bo'lsa ham, ularning hududiy konfiguratsiyasi turlarning bir uchastkadan boshqasiga harakatlanish imkoniyatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Bu holat 2-rasmda keltirilgan bo'lib, landshaftlar o'rtadagi kichik tabiiy hududlar maydon kattaligi bir xil, lekin, shu bir xil maydon orqali xarakatlanish masofasi ikki katta yashash muhiti orasida turlicha.



a) sodda shakldagi "qo'riq"lar; b) murakkab shakldagi "qo'riq"lar.

2-rasm. Kichik tabiiy hududlar (qo'riqlar)ni landshaft bog'lanishi va turlar migratsiyasiga ta'siri.

Ya'ni, landshaft konfiguratsiyasi turlicha joylashtirilgani uchun, turlar bu o'rtadagi kichik tabiiy hududlar yoki qo'riqlar orqali bir hududdan boshqa hududga harakat qilish yo'li ham har xil

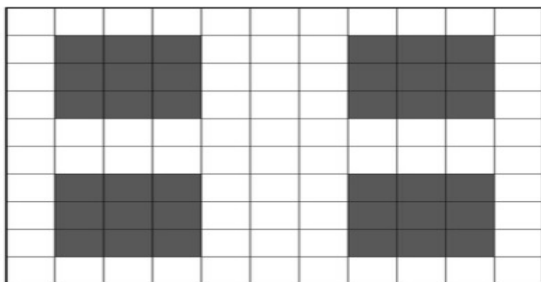
GEOGRAFIYA

bo'ladi. Qisqacha qilib aytsek: maydon bir xil, lekin, joylashuv va masofa turlicha, shuning uchun turlar uchun migratsiya yo'nalishlari ham farq qiladi. Bu tushuncha landshaft ekologiyasida hududiy konfiguratsiya turlar tarqalishi va populyasiyalar bog'lanishiga qanday ta'sir qiladi degan masalani ko'rsatadi.

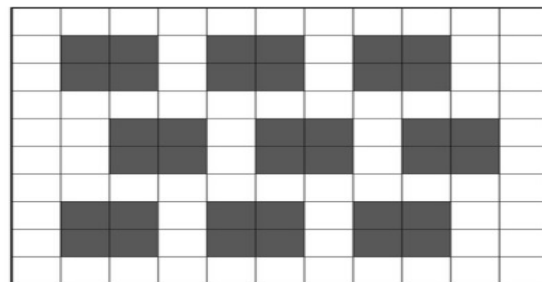
Ushbu rasmda ikki turli landshaft taqdim etilgan bo'lib, ularda umumiy yashash muhiti, hajmi va izolyasiya darajasi bir xil saqlanib qolgan. Bu holatda landshaftlardagi yashash muhitlari orasidagi hududiy konfiguratsiyasi turlar tarqalishi va migratsiya jarayonlariga kuchli ta'sir ko'rsatishi mumkinligini ko'rsatadi. O'rtadagi yashash muhitlari, ya'ni kichik ko'riqlar pog'onali yo'laklar (Stepping stone corridor) sifatida xizmat qiladi, ya'ni u turlar uchun yashash muhitlari orasida harakatlanish va genetik almashuv uchun vositachi vazifasini bajaradi. Agar bu pog'onali yo'laklar samarali joylashtirilsa, u turlarning tarqalish quvvatini oshiradi va boshqa yashash muhitlari orasida populyasiyalarning genetik bog'lanishini ta'minlaydi. Aksincha, pog'onali yo'laklar noto'g'ri joylashtirilsa, turlar orasida migratsiya va tarqalish cheklanishi mumkin. Bu tushuncha landshaft ekologiyasi va bioxilma-xillikni saqlashda muhim ahamiyatga ega, chunki u tabiatni muhofaza qilish va biologik populyasiyalar barqarorligini ta'minlashda hududiy konfiguratsiyasining ahamiyatini ochib beradi.

Landshaftlardagi yashash muhitlarini shaklini baholaydigan metrikalar (SHAPE, FRAC) va maydonni hisobga oluvchi Area-weighted indeksi landshaftning umumiy xususiyatlari haqida ma'lumot beradi, ammo turlar tarqalishi va migratsiyasini aniq prognoz qilish uchun tabiiy landshaft hajmi, konfiguratsiya va ularning tarqalishi ham hisobga olingan kompleks yondashuv kerak. Kompaktlik (patch compactness) – bu har bir yashash muhitining shakli qanchalik sodda ekanligini ko'rsatadi. Masalan, to'g'ri to'rtburchak yoki doira shakli yuqori kompaktlikka ega, chegaralari burmalanmagan (3-rasm).

Mazkur rasmda ikki xil landshaftdagi yashash muhitlarining shakli va kompaktligi keltirilgan. Lekin, yashash muhitlarining soni va maydon kattaligi turlicha. Area-weighted geometrik indeksi [26] tabiiy landshaftlarning maydonini hisobga olib, shakl murakkabligini umumiy ko'rinishda baholaydi. Ya'ni, u tabiiy hududlar shakllarining murakkabligi va burmalanish darajasi haqida umumiy tasavvur beradi. Agar ikki landshaftda umumiy yashash muhiti miqdori, tabiiy landshaftlar izolyasiyasi va shakli bir xil bo'lsa, ammo maydon kattaligi va hajmidagi taqsimoti turlicha bo'lsa, Area-weighted indeks ularni farqlay olmaydi.



(a) Kuchsiz fragmentasiya.



(b) Kuchli fragmentasiya.

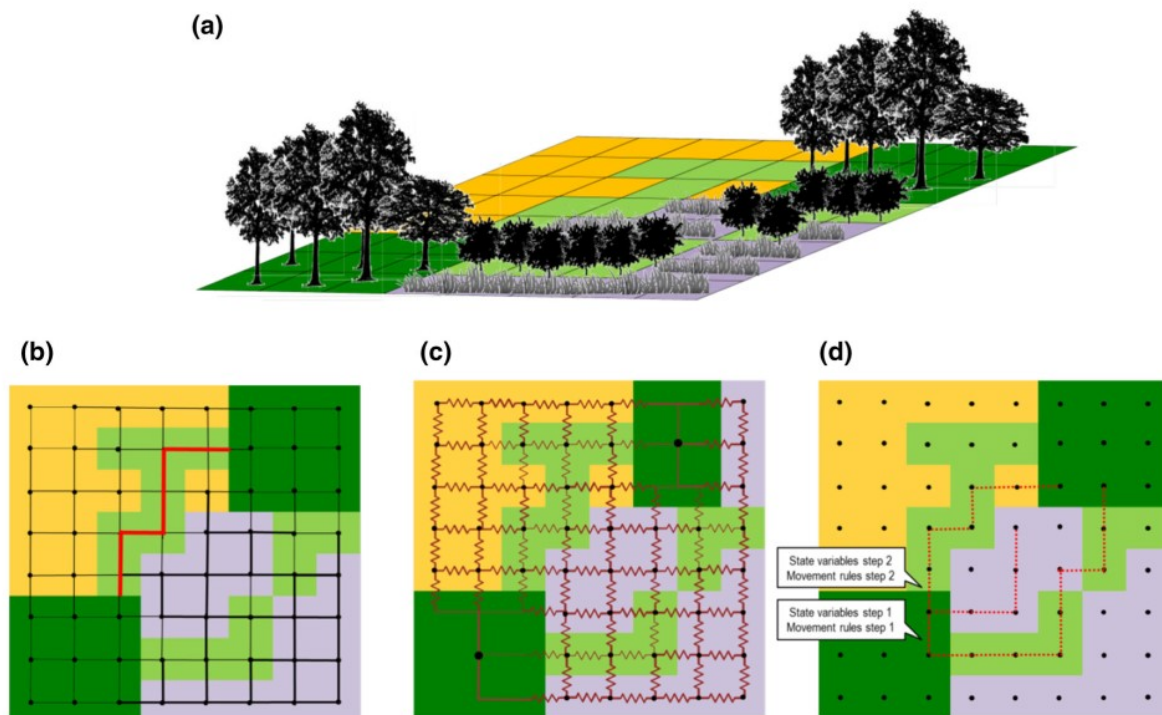
3-rasm. Landshaftdagi yashash muhitlarining shakli va ularning kompaktligi.

Bu shuni ko'rsatadiki, mazkur indeks tabiiy landshaft shakli va umumiy maydonni baholashga qaratilgan, ammo ular orasidagi masofani kattaligi va tarqalish darajasi turlichiligini aniq ajrata olmaydi. Shuning uchun turlarning migratsiyasi va tarqalishi, landshaft bog'lanishi va bioxilma-xillik tahlilida yanada kompleks metrikalardan foydalanish talab etiladi (3-rasm).

Har qanday landshaftdagi ekologik bog'lanish modeli, asosan "qarshilik sirti"ga asoslanadi. Ushbu rastr qiymatlari turlarning muayyan turdagi muhitda harakatlanishda uchraydigan qiyinchilik va fiziologik jarayonlarni ko'rsatadi (4-rasm). Landshaftda turlarning harakati va tarqalishini tahlil qilishda qarshilik sirti asosiy vosita hisoblanadi. Landshaftning qarshilik sirti organizmning muayyan turdagi yashash muhitida harakatlanish ehtimoli turlicha ekanligini ko'rsatadi (5a-rasm). Eng kam xarajatli modellar (Least-cost models) qarshilik sirtini "og'irlik berilgan graf tarmog'i (weighted-graph network)"ga aylantiradi. Bu tarmoqda tugunlar hujayra markazlariga muvofiq keladi va ular qo'shni hujayralardan olingan Yevklid masofasi va qarshilik qiymatlari asosida bog'langan og'irlikli qirralar

(edges) orqali tutashtiriladi (5b-rasm). Bu kontekstda “hujayra” soʻzi landshaft rastrini shakllantiruvchi kichik geografik blok maʼnosini anglatadi.

Bu usul turlar uchun minimal qarshilik sirtiga ega harakat yoʻllarini aniqlashda qoʻllaniladi. “Sim-qarshilik nazariyasiga asoslangan modellar (Circuit theory-based models)”da qirralar rezistorlar bilan almashtiriladi (5c-rasm), bu esa turlar tarqalishining tok oqimi sifatida tahlil qilinishiga imkon beradi. “Individual-Based Dispersal Model (IBDM)”da esa, individlarning harakatiga taʼsir qiluvchi xulq-atvor elementlari ham hisobga olinadi (5d rasm). Bu model turlarning harakatini real tarzda bashorat qilish va landshaft bogʻlanishini aniq baholash imkonini beradi.



4-rasm. Biologik turlarning harakatiga nisbatan landshaft sirtini qarshiligi va bogʻlanish modellari (Milena, 2020).

Shunday qilib, landshaftning bogʻlanishi – bu landshaft elementlari (tabiiy landshaftlar, ekologik yoʻlaklar va antropogen landshaftlar)ning organizmlar harakati va ekologik oqimlarni taʼminlash qobiliyatini tavsiflaydigan koʻp omilli tushuncha hisoblanadi. Landshaftning bogʻlanishi odatda ikki asosiy tarkibiy qismda namoyon boʻladi:

–Strukturaviy bogʻlanish (structural connectivity)– bu landshaftning tabiiy tuzilishi, undagi biologik turlarning yashash muhiti, buzilish jarayonlari yoki faollik zonalarining joylashuvi va oʻzaro aloqasini ifoda etadi. Buzilish jarayonlari – bu tabiiy yoki antropogen (inson faoliyati bilan bogʻliq) jarayon boʻlib, u landshaftning tuzilishi, tarkibi va funksiyalariga maʼlum vaqt davomida taʼsir koʻrsatadi va geotizimning muvozanatini oʻzgartiradi.

Geotizimlar barqarorligining buzilishi asosan antropogen omillarning taʼsirida roʻy berib, bu tushunchaning yuzaga kelishi ham keyingi yillarda ana shu omillarning taʼsir darajasi ortib ketganligining oqibatidir [1, 2, 3]. Strukturaviy bogʻlanish asosan geometrik yoki morfologik koʻrsatkichlar orqali baholanadi.

–Funksional bogʻlanish (functional connectivity) – bu organizmlar harakatining landshaft boʻylab qanday kechishini, yaʼni ularning real ekologik faolligini tavsiflaydi. Funksional bogʻlanish ikki koʻrinishga ega: Aniq bogʻlanish (actual connectivity) – turlarning haqiqiy harakat yoʻllari kuzatuv orqali qayd etiladi; Potensial bogʻlanish (potential connectivity) – organizmlarning hayot davri maʼlumotlariga tayanadigan, ehtimoliy harakat yoʻllarini modellashtirish orqali baholanadi [7].

Shu bilan birga, fransuz olim Jak Bodri (Jacques Baudry, 1988) tomonidan taklif etilgan “landshaftning uzviyligi (landscape connectedness)” tushunchasi ham mavjud boʻlib, u mazmunan yaqin, ammo mohiyatan farq qiluvchi xususiyatlarga egadir [8]. Bu tushuncha landshaft strukturasi elementlari oʻrtasidagi geometrik va topologik bogʻlanish darajasini ifodalaydi. “Uzviylik” asosan landshaft morfologiyasi va topologiyasi bilan bogʻliq boʻlib, unda ekologik jarayonlar yoki

GEOGRAFIYA

organizmlar harakati hisobga olinmaydi. Bu tushuncha faqat tabiiy-strukturaviy bog'lanishni aks ettiradi. Unda ekologiyalik jarayonlar yoki turlar harakati emas, balki landshaft tuzilmasining geometrik yoki morfologik bog'liqligi tahlil qilinadi.

Shunday qilib, "bog'langanlik" va "uzviylik" tushunchalari bir-biriga yaqin bo'lsa-da, birinchisi ekologik jarayonlar va biotik oqimlarni qamrab olsa, ikkinchisi landshaft morfologiyasi va hududiy tuzilishi bilan chegaralanadi (Connectivity → "Bog'langanlik" (funktional ma'noda) Connectedness → "Uzviylik" (strukturaviy ma'noda)). Shu sababli, zamonaviy landshaft ekologiyasida "landshaftning bog'langanlik" tushunchasi keng qo'llaniladi va bioxilma-xillikni saqlash, ekoyo'laklar tizimini yaratish, ekologik tarmoqlarni rejalashtirish kabi amaliy yo'nalishlarda asosiy nazariy asos hisoblanadi (1-javdal).

Kimberly A. With ta'rificha (2019), landshaftning bog'langanligi (landscape connectivity) – bu landshaftning turli elementlari (masalan, o'rmonlar, vodiylar, daryolar, yaylovlar va h.k.) o'rtasidagi hududiy va ekologik aloqalar darajasidir. Ya'ni, biotik organizmlar (hayvonlar, o'simliklar, mikroorganizmlar) landshaft bo'ylab erkin harakatlanishi, resurslar almashinuvi, genetik oqim va populyasiyalar o'rtasidagi munosabatlar qanchalik amalga oshishiga bog'liq. Tadqiqotchi tomonidan mazkur tushunchaga jahon miqyosidagi biologik xilma-xillikni saqlash, ekotizimlarning uzluksiz faoliyatini ta'minlash va ekologik tarmoqlarni rejalashtirishda asosiy ilmiy asos sifatida qaraladi.

1-javdal.

**"Bog'langanlik" va "uzviylik" tushunchalaridagi asosiy
farqlarning qiyosiy tahlil**

No	Belgi	Landscape Connectivity	Landscape Connectedness
1	Ilmiy mohiyat	Ekologik va biotik bog'lanishlar bilan bog'liq landshaft bog'lanishi	Landshaft elementlarining tabiiy va topologik bog'lanishi
2	Asosiy yo'nalish	Funktional va strukturaviy	Faqat strukturaviy
3	Ahamiyati	Turlarning harakati, gen oqimi va ekosistema barqarorligini ta'minlaydi	Landshaft tuzilishini geometrik jihatdan tavsiflaydi
4	Baholash usullari	MSPA, MCR, Circuitscape, Conefor, Graph theory	Topologik modellar, geometrik hisoblar (masofa, perimetr, yaqinlik)
5	Ekologik jarayonlar bilan bog'liqligi	Ha	Yo'q
6	Natija	Landshaftning ekologik o'tkazuvchanlik darajasi	Landshaft elementlarining tuzilishi va o'rtasidagi bog'liqligi

Kimberly With xulosasiga ko'ra, landshaftlardagi bog'lanishni ta'minlash – ekologik tarmoqlar rejalashtirish, hududiy rivojlanish va tabiatni muhofaza qilish siyosatining markaziy yo'nalishi bo'lishi kerak. Bu tushuncha: landshaft yondashuvi, yashil infratuzilma va ekologik karkas konsepsiyalarining ilmiy poydevorini tashkil etishi kerak. Bugungi kunda landshaftlar o'rtasidagi bog'lanishni saqlash bioxilma-xillikni muhofaza qilish, barqaror geotizimlar va hayvonot populyasiyalarini saqlab turish hamda iqlim o'zgarishi sharoitida turlarning harakatlanishi va moslashuvini yengillashtirishning asosiy strategiyasi sifatida muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Landshaftning qay darajada bog'langanligi mahalliy populyasiyalar ichida va ular orasidagi harakatlanish miqdorini belgilaydi. Bu bog'lanish ko'rsatkichi turlardagi gen oqimi, mahalliy moslashuv, yo'qolib ketish xavfi, koloniyalash ehtimoli va organizmlarning iqlim o'zgarishiga javoban moslashish qobiliyatiga ta'sir ko'rsatadi [12]. Shuning uchun, geotizimlar o'rtasida optimal bog'langanlikni ta'minlash, ularni o'rab turgan antropogen landshaft xususiyatlari, shuningdek, chegaralarning o'tkazuvchanligi va tuzilishi bioxilma-xillikni saqlash uchun katta ahamiyatga ega bo'lib, landshaftdagi bog'lanish kuchini va barqarorligini belgilaydi.

So'nggi yillarda tabiiy muhitning antropogen o'zgarishi, hududiy fragmentasiya va urbanizatsiya jarayonlarining tezlashishi landshaftlar tarkibiy tuzilmasi va funksiyalariga jiddiy ta'sir ko'rsatmoqda. Bu holat landshaftlarning bog'lanish darajasini ilmiy jihatdan baholash zaruratini yanada oshirmoqda. Landshaft bog'lanishi — bu geotizimlar orasida modda, energiya va biologik organizmlar oqimining uzluksizligi darajasini aks ettiruvchi kategoriya bo'lib, u tabiiy tizimlarning ustuvorligi, barqarorligi va qayta tiklanish qobiliyati uchun asosiy omil hisoblanadi [4].

Landshaftdagi bog'lanishga berilgan ta'riflarda uni ham tabiiy, ham xulq-atvoriy jihatlari mavjud bo'lgani sababli, bog'lanishni miqdoriy baholash ham organizmga, ham jarayonga, ham landshaft xususiyatiga bog'liqdir [4]. Wiens & Milne (1989) fikricha, bog'lanishni miqdoriy baholashning birinchi bosqichi – tadqiqot ob'ekti sifatida tanlangan turning yashash muhitini yoki uning yashash tarmog'ini aniqlashdir. Keyin bu turning nuqtai nazaridan landshaft elementlari tavsiflanadi. Keyingi bosqich – organizm tomonidan qabul qilinadigan landshaft strukturasining masshtabini aniqlashdir. Bu organizmning kichik va yirik masshtabdagi harakat usullariga javob reaksiyasi sifatida belgilanadi. Oxirgi bosqichda esa turning landshaft elementlariga nisbatan qanday javob qaytarishi baholanadi. Bu jarayon turning harakat modeli bilan bog'liq bo'lib, unda muhitning xavfsizligi, to'siqlar va chegaralar kabi omillar hisobga olinadi [9]. Ko'pgina organizmlar, ayniqsa dengiz umurtqasizlari uchun bog'lanish masshtabi asosan okean oqimlari orqali passiv tarqalish bilan belgilanadi. Suv muhitida tarqalish imkoniyati ancha yuqori bo'ladi. Shu bois, dengiz organizmlari uchun bog'lanishni aniqlash "Larval tarqalish modellari (larval dispersal models)"ga asoslangan usulda aniqlash mumkin [17].

XULOSA VA TAVSIYALAR

Ekologik tarmoqlarni yaratishda yoki markaziy yadrolarni kattaligini belgilashda biologik turning yashash hududining hajmi va tarqalish masofasi o'rtasidagi chiziqli bog'lanish asos qilib olinadi. Masalan, kichik sutemizuvchilar kichik yashash muhitiga va qisqa tarqalish masofasiga ega bo'ladi, katta turlar esa aksincha – kattaroq hudud va uzoq masofaga ega bo'ladi. Demak, ushbu bog'lanish munosabati turning xarakteriga belgilash muhim mezon hisoblanadi. Har qancha amaliy ahamiyatga ega bo'lmasin, bog'lanishni aniqlash uchun yagona universal miqdoriy ko'rsatkich mavjud emas. Bog'lanishlik nazariyalari ikkita asosiy yondoshuvni qamrab oladi: Binar ko'rinishdagi bog'lanish – "yo'laklar" va "bog'lanishlar orqali; uzluksiz ko'rinishdagi bog'lanish – ya'ni bog'lanish darajasi doimiy miqdor ko'rsatkichi sifatida baholanadi [4, 5]. Umuman olganda, ko'rsatkichlar uch toifaga bo'linadi [18]:

–**Strukturaviy bog'lanish ko'rsatkichlari** — landshaftning tabiiy xususiyatlariga asoslanadi (masalan, markaziy yadrolar va yashash muhitlarining soni, hajmi, ular orasidagi masofa, inson faoliyati ta'siri);

–**Potensial bog'lanish ko'rsatkichlari** – landshaft tuzilishi bilan bir qatorda turning tarqalish salohiyati (masalan, o'rtacha tarqalish masofasi) haqidagi ma'lumotlarga asoslanadi;

–**Aniq (funktional) bog'lanish ko'rsatkichlari** – organizmlarning aniq harakatlari va ularning reproduktiv natijalariga asoslanib baholanadi.

Biologik va landshaft xilma-xilligidagi tezkor global o'zgarishlar ta'sirini yumshatish bo'yicha muhofaza tadbirlarining samaradorligi tur populyasiyalari dinamikasini boshqaruvchi ekologik jarayonlarni to'g'ri tushunish va modellashtirish qobiliyatiga bog'liq. Shuning uchun turlar orasida bog'lanishni yaxshilashga qaratilgan muhofaza choralarining muvaffaqiyati ma'lumotlar va modellar turlarning tarqalish jarayonini qanchalik aniq aks ettirishiga bog'liq.

Jonzorlar uchun yashash muhitlari, ya'ni landshaftlar o'rtasidagi ekologik bog'lanishni tadqiq etish muammosi biologik xilma-xillikni saqlash nuqtai nazaridan dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Zamonaviy texnologiyalarning rivojlanishi bu yo'nalishda qo'llanilayotgan metodologiya va yondashuvlar spektrini kengaytiroqda. Bu yondashuvlar biologik xilma-xillikni saqlash bo'yicha amaliy vazifalarni hal etishda keng qo'llaniladi. Jumladan, ekologik tarmoqlar samaradorligini baholash, muhofaza etiladigan va resurs jihatidan qimmatli hayvon turlari uchun "qarshilik sirti" kartalarini shakllantirish hamda mavjud muhofaza etiladigan tabiiy hududlar chegaralarini optimallashtirish kabi vazifalarda qo'llanmoqda.

Yuqoridagi tahlillardan ko'rinib turibdiki, landshaftlardagi ekologik bog'lanishni o'rganish zamonaviy landshaft ekologiyasining eng muhim va dolzarb yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur maqolada landshaft bog'lanishi tushunchasining nazariy asoslarini, uning tuzilmaviy va

GEOGRAFIYA

funksional ko'rinishlarini hamda ularni baholashda qo'llaniladigan zamonaviy modellar va usullarni ilmiy jihatdan asoslab bergan. Baholash jarayonida zamonaviy GIS-texnologiyalar, graf-nazariga asoslangan modellar (MSPA, MCR, dPC) va distansion zondlash ma'lumotlari keng qo'llanilmoqda. Bu usullar landshaftning ekologik tarmoq elementlarini (markaziy yadrolar, yashash muhitlari, ekologik yo'laklar, bufer hududlar) aniqlash, fragmentasiya darajasini baholash hamda tabiiy hududlar o'rtasidagi uzviylikni ta'minlash imkonini beradi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Гродзинський МД. Пізнання ландшафту: місце і простір. Том 2. Київ: Київський університет; 2005. 503с
2. Хорошев А. В., Алещенко Г. М. Иерархическая организация межкомпонентных связей в ландшафте // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ierarhicheskaya-organizatsiya-mezhkomponentnyh-svyazey-v-landshafte> (дата обращения: 19.10.2025).
3. Шушкова ЕВ, Сидорович АА, Лукина ИИ. Проницаемость ландшафтов и сред обитания для животных: обзор существующих подходов. Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2023;1:47–56. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-47-56>.
4. Taylor, Philip D.; Fahrig, Lenore; Henein, Kringen; Merriam, Gray (1993). "Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure" (PDF). *Oikos*. **68** (3). JSTOR: 571.
5. FISCHER, JOERN; LINDENMAYER, DAVID B.; FAZEY, IOAN (2004). "Appreciating Ecological Complexity: Habitat Contours as a Conceptual Landscape Model". *Conservation Biology*. **18** (5). Wiley: 1245–1253.
6. Fischer, J. and D.B. Lindenmayer. 2006. Beyond fragmentation: the continuum model for fauna research and conservation in human-modified landscapes. *Oikos*, 112: 473–480.
7. Baguette, Michel; Blanchet, Simon; Legrand, Delphine; Stevens, Virginie M.; Turlure, Camille (November 24, 2012). "Individual dispersal, landscape connectivity and ecological networks". *Biological Reviews*. **88** (2). Wiley: 310–326. Baudry, Jacques, and Karl-Friedrich Schreiber. Connectivity and connectedness: functional versus structural patterns in landscapes. Ferdinand Schöningh, 1988.
8. Tischendorf, Lutz; Fahrig, Lenore (2000). "On the usage and measurement of landscape connectivity". *Oikos*. **90** (1). Wiley: 7–19.
9. Merriam, G. (1984). Connectivity: a fundamental ecological characteristic of landscape pattern. In: Brandt, J. and Agger, P. (eds), *Proceedings of the 1st international seminar on methodology in landscape ecological research and planning*. Roskilde University. Denmark, Pg 5-15.
10. With, Kimberly A.; Gardner, Robert H.; Turner, Monica G. (1997). "Landscape Connectivity and Population Distributions in Heterogeneous Environments". *Oikos*. **78** (1). JSTOR: 151.
11. Ament, R., R. Callahan, M. McClure, M. Reuling, and G. Tabor (2014). *Wildlife Connectivity: Fundamentals for conservation action (Report)*. Center for Large Landscape Conservation: Bozeman, Montana.
12. Crooks Kevin R., Sanjayan, M. (2006). "Connectivity conservation: maintaining connections for nature". *Connectivity Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 1–20.
13. Barnosky, Anthony D.; Hadly, Elizabeth A.; et al. (2012). "Approaching a state shift in Earth's biosphere". *Nature*. 486 (7401). Springer Science and Business Media LLC: 52–58.
14. Foley, J. A. (July 22, 2005). "Global Consequences of Land Use". *Science*. **309** (5734). American Association for the Advancement of Science (AAAS): 570–574.
15. Ayram, C., Mendoza, M., Etter, A., Salicrup, D. (2016). Habitat connectivity in biodiversity conservation: A review of recent studies and applications. *Progress in Physical Geography*. Vol. 40 (1) Pg 7–37.
16. Cowen, Robert K.; Sponaugle, Su (2009-01-01). "Larval Dispersal and Marine Population Connectivity". *Annual Review of Marine Science*. **1** (1): 443–466.
17. Calabrese, J. M., and W. F. Fagan. 2004. A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2:529-536.
18. Summerhayes C.P. et al. The future extent of the Anthropocene epoch: A synthesis. *Global and Planetary Change* 242 (2024) 104568 C.P. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104568>
19. Lewis S.L. and Maslin M.A. (2015) Defining the Anthropocene. *Nature* 519: 171–180.
20. With, Kimberly A., 'Landscape Connectivity', *Essentials of Landscape Ecology* (Oxford, 2019; online edn, Oxford Academic, 22 Aug. 2019), <https://doi.org/10.1093/oso/9780198838388.003.0005>, accessed 18 Oct. 2025.
21. United Nations. (2018). The World's Cities in 2018 Data Booklet (ST/ESA/SER.A/417). In Department of Economic and Social Affairs, Population Division. https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf
22. Diniz, M. F., Cushman, S. A., Machado, R. B., & De Marco Júnior, P. (2020). *Landscape connectivity modeling from the perspective of animal dispersal*. *Landscape Ecology*, 35, 41–58. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00935-3>.
23. Shao D, Liu K, Mossman HL, Adams MP, Wang H, Li D, Yan Y, Cui B (2021) A prioritization metric and modelling framework for fragmented saltmarsh patches restoration. *Ecol Indic* 128:107833.
24. Fahrig L (2013) Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. *J Biogeogr* 40(9):1649–1663.
25. McGarigal K, Cushman SA, Ene E (2012) FRAGSTATS v4: spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.