

DOI:10.17308/978-5-9273-3693-7-2023-72-74

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕТЕВОГО АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЭКОЛОГИИ И МЕСТООБИТАНИЙ ЖИВОТНЫХ В ОХОТНИЧЬЕМ ХОЗЯЙСТВЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

THEORETICAL ASPECTS OF NETWORK ANALYSIS OF BIG GAME SPATIAL ECOLOGY AND HABITATS IN THE HUNTING ECONOMY OF PRIMORSKY KRAI

Труфанов А.И.¹, Бочарников В.Н.²Trufanov A.I.¹, Bocharnikov V.N.²

e-mail: vbocharnikov@mail.ru

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия²Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia²Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, Russia

Аннотация. Охота – это особая деятельность человека, ее целью является добыча зверя или птицы в природе. В обеспечении охотничьей деятельности важна оценка степени пригодности местообитаний диких животных, определяемая как уровнем их биологических и природных потребностей (наличие пищи, воды, укрытия, места для отдыха), так и расчет суммарного антропогенного воздействия на экосистему. В пределах модельной территории Юго-Восточного Сихотэ-Алиня выполнен расчет параметров пространственной экологии, показателей географического распределения и корреляционных связей между состоянием охотничьих угодий и точками локализации (следами) крупного хищника – амурского тигра (*Panthera tigris altaica*). Разработаны сетевые модели для территории охотничьих угодий Партизанского и Лазовского районов Приморского края. На основе выборки точек регистрации следов по данным зимних учетов 2005 г. для территории модельного района выполнены расчеты метрик сети обитания тигра, степени пригодности местообитаний животных; плотности дорожной сети; связности территорий охотничьих хозяйств и поселений. Приводятся избранные теоретические положения и практический опыт применения сетевого подхода к проблеме устойчивости экологических систем.

Abstract. The paper presents selected theoretical provisions and practical experience in the application of the network approach. It allows to discover within the model territory of the Southeastern Sikhote-Alin, parameters of spatial ecology, indicators of geographical distribution and correlations between the state of hunting grounds and the localization points (traces) of a large predator - the Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) have been considered. Network models have been developed for the hunting grounds of the Partizansky and Lazovsky districts of Primorsky Krai. Based on sampling of registered points of traces according to the winter records of 2005 for the territories of the model area, calculations of metrics of tiger habitat network; suitability degree of animal habitats; density of road networks; and connectivity of territories of hunting enterprises and settlements have been performed.

Ключевые слова: амурский тигр, ландшафт, комплексные сети, охота, местообитание, горы, Сихотэ-Алинь

Keywords: Amur Tiger, Landscape Research, Complex Networks, hunting, habitat, mountain, Sikhote-Alin

Разработка любой концепции пространственного развития не может обходиться без теории, в свою очередь таковая должна опираться на общую и специальную методологию. Практические результаты выполненного в настоящей работе сетевого моделирования обитания тигра на участках (по данным 2005 г.)* представлены в таблице.

Таблица. Сетевые метрики модели обитания тигра (модель связности следов)

#	R ₀ , км	Число узлов	Метрики связности						
			Число связей	Диаметр	Средняя длина пути	Связных компонентов	Модулярность	Число сообществ	Средний коэфф. кластеризации
1	2.5	664	2106	10	2.448	162	0.912	165	0.808
2	5	664	4676	19	6.3	44	0.874	53	0.802
3	7.5	664	7486	21	7.18	16	0.801	25	0.785
4	10	664	11565	21	6.38	9	0.696	16	0.766
5	12.5	664	16858	23	5.397	2	0.657	8	0.750
6	15	664	21981	13	4.241	1	0.599	6	0.745
7	25	664	47036	7	2.534	1	0.465	5	0.751

Из таблицы видно, что средняя длина пути в сети с R₀ = 7.5 км достигает максимального значения и может служить как оценкой площади обитания тигра, так и числа сообществ животного. Кроме того, полезной величиной является порог, определяющий длину коридора, при котором граф сети становится полносвязным (15 км). Данный параметр может служить индикатором связности участков обитания тигра, подобно [9]. Рассматривая метод анализа пространственной экологии и местообитаний животных, необходимо отметить, что многие работы демонстрируют относительную успешность се-

* Учет амурского тигра 2004-05 гг. осуществлялся Управлением Росприроднадзора по Приморскому и краю и по Хабаровскому краям, Приморскрайоохотуправлением, Хабаровсккрайоохотуправлением, Тихоокеанским институтом географии и Биолого-почвенным институтом ДВО РАН с финансовой поддержкой и участием Общества сохранения диких животных (WCS) и WWF России. Цифровая подготовка полевых материалов проводилась сотрудниками ТИГ ДВО РАН А.А. Мурзиным и Е.Г. Егидаревым, научное руководство учетными работами осуществлялось Д.Г. Пикунковым (ТИГ ДВО РАН).

тевого подхода через оценки связности в применении к проблеме устойчивости дикой природы посредством внедрения защитных программ [5,7].

Форматом использования в данной работе сетевого подхода, базирующегося на теории комплексных сетей [1], служит не только расчет числа узлов – вершин графа, представленных пространственными элементами, и расчет числа связей между узлами – ребер графа, так и более изощренные. Все эти метрики характеризуют процесс разбиения элементов, в т.ч. ландшафтов и могут полезны для обнаружения участков, играющих ключевую роль. В разработанной онтологии расстояние между элементами- узлами сети в пределах порога R_0 определяло наличие связи, кроме того всем моделям онтологии отвечает географическая привязка исследуемых сущностей – сетевых узлов. В настоящем исследовании проблемы экологии и местообитаний животных рассматривались сквозь призму соседства с человеком, структура расселения и охотничьих хозяйства в пределах модельной территории Партизанского и Лазовского районов Приморского края (рис. 1.)

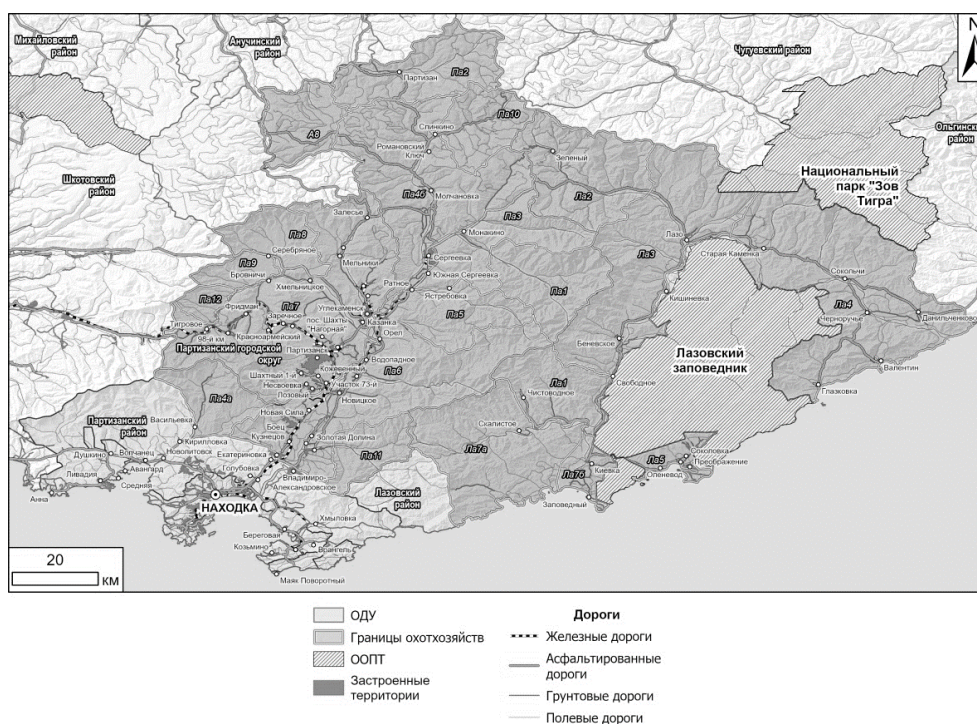


Рис. 1. Инфраструктура и охотничьи хозяйства модельного района (Юго-Восточный Сихотэ-Алинь)

Многочисленные исследования показывают, что антропогенные изменения местообитаний приводят к уменьшению биоразнообразия и снижению численности животных, что оказывает негативное воздействие на состояние биологической продуктивности экосистем [3,4,8]. При этом, связность ландшафта, - как характеристика, определяющая, в какой степени ландшафт облегчает или препятствует перемещению между ресурсными участками, и также может быть измерена [10], а значит проанализирована и визуализирована в рамках сетевого подхода. В развитие исследования ставится задача разработки обобщенной модели, увязывающей отдельные компоненты – сущности различной природы в едином сетевом пространстве.

Разноплановые графо-сетевые модели ландшафтов в той или иной мере рассматривались в [2,7]. В настоящей работе системно и на единой сетевой платформе построены модели –пригодности обитания ландшафтов, плотности распределения тигра, а также плотности дорожной сети на территории Партизанского и Лазовского районов. На рис. 2. отображены визуализированные результаты моделирования, при этом размер узлов соответствует относительной пригодности обитания, плотности животного и плотности дорожной сети. Для всех сетей, показанных на рисунке значение порога связности $R_0 = 25$ км.

Характерно, наиболее распространены две принципиальные формы изменения ландшафтных условий существования живых организмов в естественных условиях: угрозы антропогенного происхождения, что чаще всего обусловлено близостью постоянного пребывания человека (населенные пункты, плотная система расселения) и осуществлением хозяйственной деятельности, и техногенные угрозы, включая инфраструктурное развитие (дорожная сеть, ЛЭП, газо- и нефтепроводы).

Создается возможность сравнить сетевые модели обитания тигра (модель связности следов) (А), $R_0=10$ км, связности ландшафтов с учетом пригодности их обитания на территориях охотничьих хозяйств (Б), $R_0=25$ км и связности поселений (В), $R_0=25$ км. Рис. 3 демонстрирует влияние сети поселений, сказывающееся в т.ч. через землепользование и на характер пригодности ландшафтов для обитания тигра и общую взаимосвязь с сетью обитания животного.

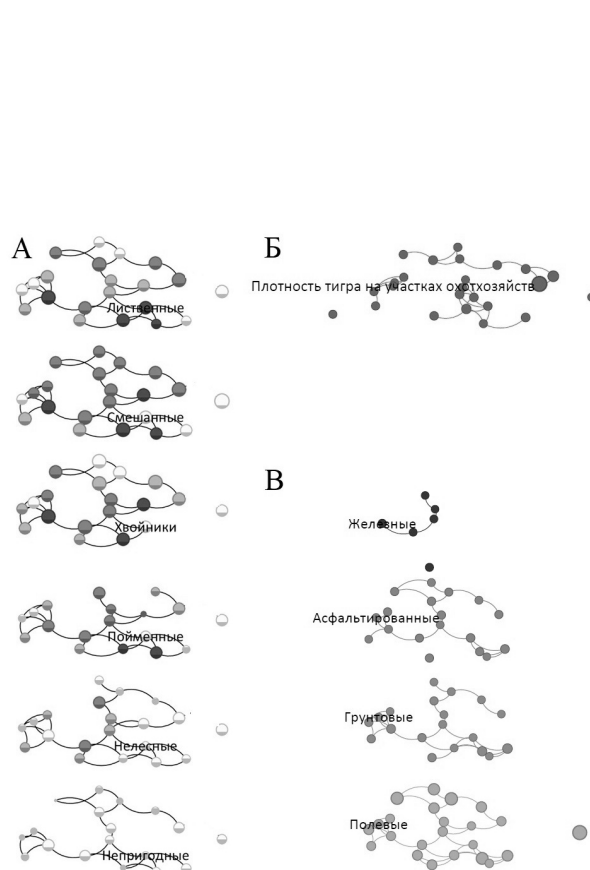


Рис. 2. Сетевые модели пригодности обитания ландшафтов (А), плотности распределения тигра (Б) и плотности дорожной сети (В)

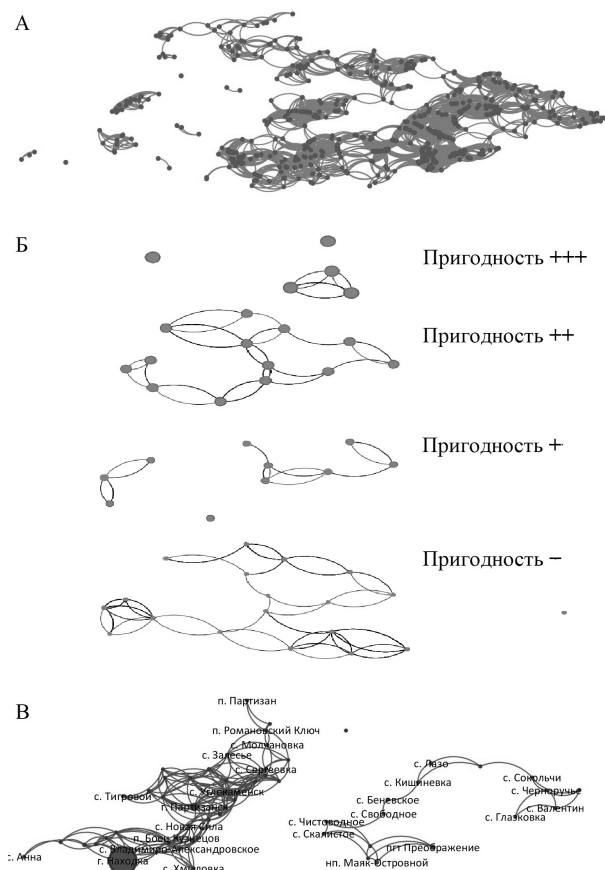


Рис. 3. Сетевые модели пригодности обитания ландшафтов(А), плотности распределения тигра (Б) и плотности дорожной сети (В)

Логика научного исследования зачастую приводит к необходимости изучения круга проблем, которые выходят за рамки своей науки. Сетевые модели охватывают ключевые аспекты пространственной экологии модельной территории (за исключением непосредственного анализа таких важных в оценке антропогенного воздействия, как тип и интенсивность землепользования [5]. Смешанные хвойно-широколиственные леса Приморья простираются до высот 600-900 м. Именно в этом контексте следует понимать «полезность» сохранения естественных ландшафтов и горно-лесных экосистем, в пределах которых должно изучаться и поддерживаться управленческими мерами условия обитания амурского тигра, разрабатываться мероприятия по поддержанию популяций других охотничьих животных и их местообитаний с учетом антропогенной и природно-антропогенной динамики на территории Приморского края.

Литература

1. Albert R., Barabási A.-L. (2002) Rev. Mod. Phys. 74, 47 <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.47>.
2. Bergsten A., Zetterberg A. (2013). To model the landscape as a network: A practitioner's perspective. Landscape and Urban Planning, 119, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.06.009>.
3. Chown S.L. (2010). Temporal biodiversity change in transformed landscapes: a southern African perspective. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci., 365(1558):3729–42. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0274>.
4. Feng, X., Guo, J., Zhou, Y. et al. (2016). Effects of urbanization on golden monkey (*Rhinopithecus roxellanae*) habitat in central China. Mammal Research, 61(3), 305–311. <https://doi.org/10.1007/s13364-015-0281-y>.
5. Franzen, M. A. J., Bijlsma, R. G., van der Wal, R., Broekman, R., Ironside, K. E., van Teeffelen, A. J. A. (2019). Land-use intensity has a greater impact than land-use type on multiple taxa in European landscapes. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 286(1908), 20191285. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1285>.
6. Maguire, D.Y.; James, P.M.A.; Buddle, C.M.; Bennett, E.M. (2015) Landscape connectivity and insect herbivory: A framework for understanding tradeoffs among ecosystem services. Glob. Ecol. Conserv. 4, 73–84 <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.05.006>.
7. Mina M., Messier C., Duveneck M., Fortin M., Aquilué N. (2020). Network analysis can guide resilience-based management in forest landscapes under global change. Ecological Applications. 00(00):e02221. <https://doi.org/10.1002/eap.2221>.
8. Shahzad, T., Kausar, S., Qayyum, M. F., Williams, P. J., & Ali, S. (2018). Distribution and conservation status of the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* in Pakistan. Mammal Research, 63(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s13364-017-0354-3>.
9. Shi F, Liu S, An Y, Sun Y, Zhao S, Liu Y, Li M. (2020) Spatio-Temporal Dynamics of Landscape Connectivity and Ecological Network Construction in Long Yangxia Basin at the Upper Yellow River. Land. 9(8):265. <https://doi.org/10.3390/land9080265>.
10. Taylor, P.D.; Fahrig, L.; Henein, K.; Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. Oikos, 68, 571–573. <https://doi.org/10.2307/3544927>.