

В.С. Воуц, Д.С. Коршунов, В.В. Сюткин, В.М. Щербаков

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ИНСОЛЯЦИЕЙ И ВЕГЕТАЦИОННЫМ ИНДЕКСОМ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

V.S. Vouz, D.S. Korshunov, V.C. Syutkin, C.M. Shcherbakov

THE RELATIONSHIP BETWEEN INSOLATION AND VEGETATION INDEX VEGETATION

Рассматриваются методические основы сравнительного анализа динамики температуры приземной атмосферы, сезонной изменчивости вегетативного индекса NDVI, и инсоляции, рассчитанной по специализированной программе Insolation, используя соответствующие модель рельефа и базу метеоданных. Определен характер связи между рассмотренными показателями, который закономерно меняется в течение теплого периода года. Как и следовало ожидать наибольшее колебание значений характерно для температуры воздуха, наименьшее — для инсоляции.

Ключевые слова: температура приземной атмосферы, вегетативный индекс NDVI, моделирование рельефа, инсоляция, корреляционный анализ.

Discusses methodological foundations of comparative analysis of the temperature of the lower atmosphere, seasonal variability of the vegetation index NDVI, and insolation calculated by the specialized program Insolation, using an appropriate model of the terrain and the weather. Defined the nature of the relationship between the two indicators, which varies regularly during the warm period of the year. As expected, the greatest fluctuation values of the characteristic temperatures and the lowest for insolation.

Key words: temperature of the lower atmosphere, the vegetation index NDVI, elevation modelling, insolation, correlation analysis.

Введение

Вегетационный индекс растительности NDVI, отражающий фотосинтетическую активность растений в качестве достаточно информативного индикатора широко используется при различных оценках состояния растительных сообществ и агрокультур. В нем интегрируются все условия произрастания, включая такие как режим водного питания, так и погодные условия, включая (в первую очередь) температурные характеристики приземной атмосферы и почв [1–4]. При этом следует заметить, что атмосферные осадки и температура воздуха характеризуют оцениваемую территорию в целом, тогда как температура почвы на этой же территории существенно различна и дифференцируется в зависимости от местоположения, главным образом, за счет ориентации склоновых поверхностей. В связи с этим обстоятельством возникает вопрос, какова доля значимости температуры почвы в значении NDVI? Если допустить, что почва приобретает ту или иную динамическую температуру в основном за счет нагрева солнечной радиацией, тогда решение данной задачи выражается в оценке корреляции

между инсоляцией (Ins) и NDVI. Наличие данной зависимости открывает возможность детального планирования выращивания культурных растений, размещая посадки в местах с достаточными величинами инсоляции. Кроме того, при сопоставлении доли прямой и рассеянной солнечной радиации в суммарной величине определяется значимость рельефа в микроклиматических различиях отдельных участков территории картографирования. Равенство прямой и общей радиации означает максимальный контраст, минимальный контраст соответствует равенству рассеянной и общей радиации.

Математико-картографическое моделирование Ins

Для проверки степени зависимости NDVI от Ins предлагается оценить их величины для Приозерского района Ленинградской области. Последовательность процедур анализа представлена блок-схемой на рис. 1 [4–8]. Технология математико-картографического моделирования Ins выражается блок схемой, представленной на рис. 2. Для соответствующих расчетов приняты данные актинометрических наблюдений на станции пос. Воейково (Всеволожского района, соседнего с Приозерским районом) и данные метеонаблюдений по метеостанции Сосново (Приозерский район).

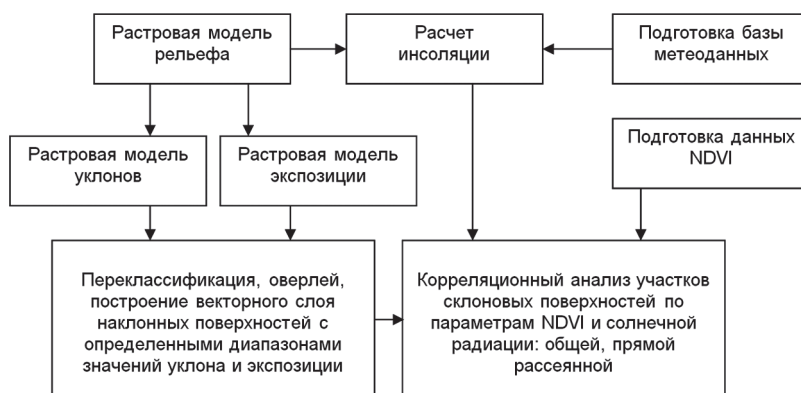


Рис. 1. Схема анализа зависимости между NDVI от Ins

Для выполнения статистического анализа рельеф представлен 21 типами элементарных участков, характеризующихся углами падения: 0°, от 0 до 2°, от 2 до 6°, от 6 до 12°, от 12 до 20°, от 20 до 30°, от 30 до 40°, от 40 до 50° и экспозицией склонов: северный, южный, восточный или западный. Совокупность элементарных участков склоновых поверхностей представляет собой формализованное районирование рельефа по параметрам ориентации типов единиц деления, которое необходимо для создания таблиц (табл. 1) статистических характеристик значений NDVI и Ins для соответствующих типов участков. Тип 11 означает равнинную поверхность, тип 22 – северный склон с уклоном до 2°, тип 23 – склон восточный или западный с тем же уклоном, тип 24 – южный склон с тем же уклоном 2° и т.д.

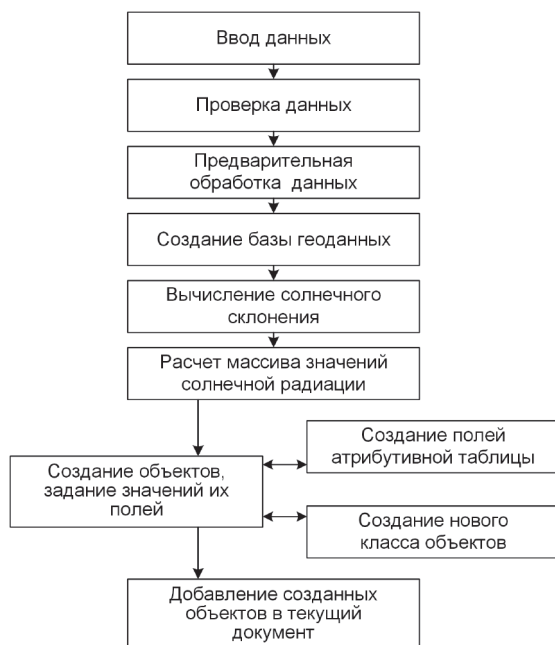


Рис. 2. Блок-схема моделирования инсоляционного эффекта рельефа

Обращают на себя следующие закономерности. Сезонная изменчивость NDVI и общей солнечной радиации R достаточно одинакова для единиц районирования 22–44 с уклонами от 2 до 12°. На склонах с углами падения более 20° корреляция падает до величин ниже 0,6. С одной стороны, таких участков рельефа на территории Приозерского района относительно мало, с другой стороны исходные растры NDVI обладают низким разрешением 250×250 м. тогда как разрешение растра R составляет 50×50 м. В связи с этим расчет корреляции был выполнен как по всем склоновым единицам районирования 22–84, так и по слабонаклонным поверхностям 22–44. В первом случае коэффициент корреляции совершенно не значим, во втором случае он составляет значения выше 0,7 за исключением сезона 30.08.2013–14.09.2013. Причем наблюдается плавное падение корреляции от весны до осени. Данная закономерность свидетельствует о том, что на значения NDVI в конце вегетации все больше влияет режим температура приземной атмосферы.

За периоды 2010–2013 гг. графики температур атмосферного воздуха по срокам регистрации NDVI и моделирования R в 2013 г. представлены на рис. 3.

Очевидно, что 2013 г. явно отличается по этой характеристике в меньшую сторону, особенно в середине лета. Это еще один фактор уменьшения корреляции между активностью фотосинтеза и поступающего солнечного тепла. Данное положение подтверждается графиками NDVI (рис. 4) на которых видно падение показателя с 3-го сезона, тогда как графики инсоляции (рис. 5) отражают ожидаемую динамику поступающего солнечного тепла.

Средние значения NDVI и InS по сезонам года
 1 – 26.05.2013–10.06.2013, 2 – 11.06.2013–26.06.2013, 3 – 27.06.2013–12.07.2013, 4 – 13.07.2013–28.07.2013,
 5 – 29.07.2013–13.08.2013, 6 – 14.08.2013–29.08.2013, 7 – 30.08.2013–14.09.2013

Элемент рельефа	NDVI по сезонам							Общая радиация R по сезонам							Корреляция
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
11	7895	7997	8113	7994	7865	7740	7502	439543	480154	530755	699717	464961	405503	270207	0,77
22	7862	7904	8064	7912	7805	7688	7441	437383	477995	528427	696531	462409	402761	268034	0,76
23	7953	7948	8094	7960	7852	7740	7478	439520	480127	530724	699678	464940	405491	270203	0,77
24	7961	7954	8107	7979	7859	7746	7508	441578	482180	532936	702709	467378	408118	272290	0,79
32	7745	7839	8025	7855	7758	7619	7302	431574	472159	522124	687925	455587	395503	262321	0,78
33	7910	7926	8086	7946	7834	7704	7396	438862	479430	529959	698658	464220	404813	269718	0,77
34	7933	7934	8108	7958	7854	7731	7399	446389	486941	538054	709746	473134	414421	277349	0,76
42	7812	7804	8011	7818	7766	7569	7223	419358	459781	508722	669696	441389	380652	250769	0,73
43	7925	7916	8105	7902	7867	7695	7256	436547	476925	527194	695005	461759	402631	268239	0,74
44	7947	7966	8108	7940	7868	7695	7284	454773	495107	546786	721844	483351	425919	286744	0,69
52	7726	7698	7980	7688	7686	7539	7214	398257	438162	485234	637912	417213	355954	231887	0,73
53	7737	7710	7981	7752	7697	7577	7216	431401	471237	520878	686734	456460	398255	265484	0,67
54	7744	7715	8062	7800	7748	7660	7420	463246	503013	555121	733640	494178	438918	297785	0,70
62	7570	7627	7999	7734	7659	7605	7376	362341	400953	444675	583297	376651	315540	201632	0,66
63	7595	7680	8059	7762	7707	7608	7413	417927	456569	504661	665361	442265	385909	257273	0,65
64	7680	7713	8102	7845	7801	7679	7525	468537	507004	558989	739825	502300	450787	308894	0,38
72	7005	7734	8062	7812	7707	7671	7563	321900	358690	398488	521346	331506	271497	170014	0,51
73	7537	7784	8138	7842	7720	7736	7631	397475	434393	480167	633028	420593	366822	244419	0,52
74	7577	8007	8272	8024	8035	7945	7725	469075	505703	556969	738323	505588	458778	317641	0,17
83	7420	7851	8340	7799	7715	7662	7800	338722	373374	413606	710084	354458	301313	195727	0,63
84	7626	8384	8381	8434	8450	8398	7855	451929	486204	535152	543501	488726	446377	310909	

0,39	0,01	-0,15	0,51	0,43	0,06
0,90	0,84	0,80	0,79	0,74	0,31

Корреляция между NDVI и R по элементам рельефа 22–84

Корреляция между NDVI и R по элементам рельефа 22–44

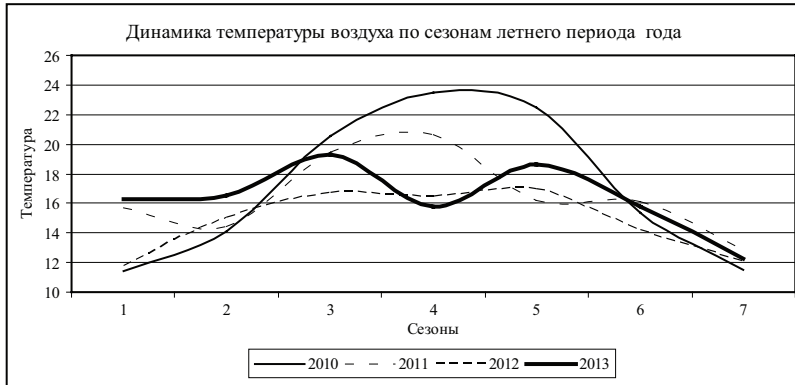


Рис. 3. Сезонная изменчивость температуры воздуха по данным метеостанции Сосново-Приозерского района

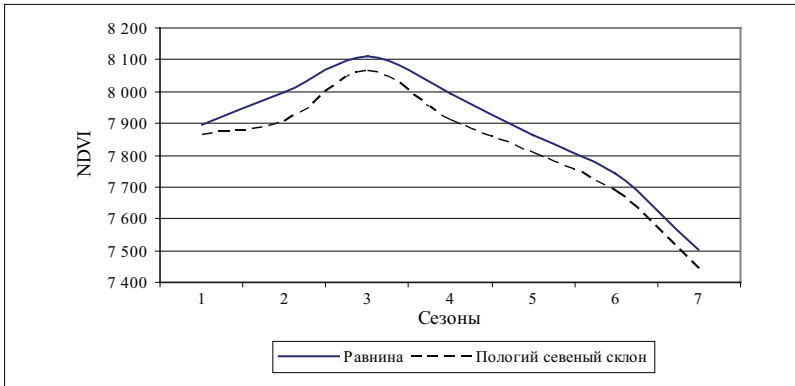


Рис. 4. Сезонная динамика значений NDVI для элементов рельефа

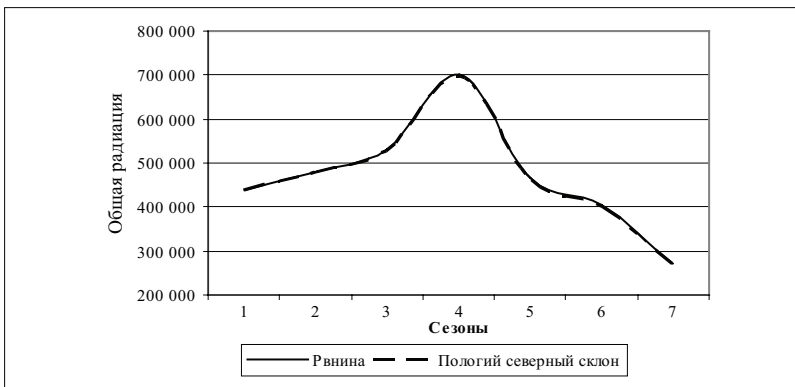


Рис. 5. Сезонная динамика значений инсоляции для элементов рельефа

Заключение

Из проведенного анализа парной корреляции между NDVI и Ins следует, что для условий Приозерского района Ленинградской области она существенно зависит от сезонной изменчивости температуры приземной атмосферы. Сходство изменчивости NDVI и Ins значительно падало в осенние месяцы 2013 г. Для повышения репрезентативности оценки рассмотренных явлений необходим анализ за более продолжительный ряд лет с согласованием разрешения растров NDVI и Ins. Изменчивость температуры воздуха с 16 дневной дискретностью, соответствующей периодам регистрации вегетационного индекса за отдельные годы, должна сопоставляться с данными, полученными способом статистического сглаживания (фильтрации) среднесуточных температур методом скользящего среднего [3, 8]. При сравнительном анализе температурных графиков требуется построение кривых, осреднением фильтрованных значений температур за периоды 10, 20 и 30 лет.

Литература

1. *Алтухов А.И., Дудин Е.А., Октябрьский В.В., Сквасников М.А.* Решение задач экологического мониторинга с использованием данных дистанционного зондирования Земли. // Метеорологический вестник, 2013, № 2, с. 16–22.
2. *Алтухов А.И., Коршунов Д.С., Семенюта Д.А.* Автоматизация процесса векторизации изолиний высот. // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, 2010, № 629, ч. 1, с. 63–68.
3. *Гения М.Д., Кузнецов А.Д., Мельникова И.Н., Гатебе Ч.* Результаты обработки самолетных измерений интенсивности рассеянной солнечной радиации в облачной атмосфере. // Ученые записки РГГМУ, 2013, № 27, с. 77–91.
4. *Малинин В.Н., Гордеева С.М.* Методические указания по дисциплине «Статистические методы обработки и анализа гидрометеорологической информации». — СПб.: РГГМУ, 2006. — 36 с.
5. Современные проблемы географии и геоэкологии. Под ред. Т.А. Алиева, проф. Г.Н. Белозерского, проф. В.В. Васильева, проф. В.Н. Мовчана, проф. А.А. Чистобаева, проф. К.В. Чистякова. — СПб.: ВВМ, 2012. с. 403–410.
6. *Сикан А.В.* Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. — СПб.: РГГМУ, 2007. — 279 с.
7. *Сюткин В.В., Шербаков В.М.* Создание и управление базой метеоданных при моделировании инсоляционного эффекта рельефа. // Современные проблемы географии и геоэкологии. Материалы международной научной конференции посвященной 90-летию почетного профессора СПбГУ д.г.н., профессора А.Г. Исаченко. — СПб.: ВВМ, 2012, с. 403–410.
8. *Сюткин В.В.* Моделирование инсоляции земной поверхности в среде ArcGIS. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География, 2011, вып. 4, с. 126–134.