

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА КОНЦЕНТРАЦИИ СУТОЧНЫХ ОСАДКОВ ПО ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

Е.Н. Воскресенская, Е.В. Вышкваркова

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: aveiro_7@mail.ru

В статье описывается методика для оценки неравномерности распределения осадков по территории Украины, основанная на расчете индекса концентрации. С ее помощью проводится анализ на базе суточных сумм осадков по 21 станции за период 1951 – 1990 гг.

Введение. Знания об особенностях неравномерности распределения осадков суточного разрешения по территории Украины чрезвычайно важны для решения различных прикладных задач. Одна из таких особенностей – характеристика концентрации интенсивных осадков в течение незначительного количества дождливых дней в году, разделенных продолжительными засухами. Данная статья посвящена анализу неравномерности распределения суточных сумм осадков на Украине по новой для гидрометеорологических исследований методике, использующей индекс Джини.

Данные и методика. В качестве исходных данных использовались ряды ежедневных наблюдений Гидрометслужбы Украины по осадкам для 21 станции страны, взятые с сайта Северо-Евразийского Климатического Центра [1] за период 1951 – 1990 гг.

Для анализа данных был выбран метод, предложенный в работе [2] для анализа осадков по территории Испании, который основан на использовании индекса концентрации, или индекса Джини. Индекс Джини (индекс концентрации) был выбран, потому что он позволяет проанализировать данные с точки зрения их дифференциации. Для сведения, отметим, что индекс Джини обычно используется в экономике как показатель, характеризующий уровень нера-

венства доходов [3]; устанавливает величину отклонения фактического распределения доходов населения (кривая Лоренца) от линии их равномерного распределения. Он состоит в расчете так называемых накопленных, или кумулятивных, частот (долей) и построении кумулятивных кривых (или кривых Лоренца).

В нашем случае индекс устанавливает степень отклонения фактического объема распределения суточных осадков от линии их равномерного распределения. Этот коэффициент дает возможность численно оценить степень неравенства: чем больше дифференциация распределения, тем дальше кривая отстоит от диагональной прямой и тем больше коэффициент концентрации. Чем выше значение индекса концентрации, тем в большей степени суммарные осадки сконцентрированы в группах с наиболее интенсивными осадками. Такой подход позволяет более наглядно изучать дифференциацию осадков по пространству. Ведь часто анализ осадков сводится к определению средних значений за определенный период. Однако, использование средних арифметических значений приводит к существенному завышению уровня осадков и в значительной мере скрывает процесс их дифференциации.

Отметим при этом, что осадки по территории Украины распределены неравномерно. Большее их количество выпадает в Украинских Карпатах (до 1600 мм в год) и в Крыму (800 – 1150 мм). На остальной территории этот показатель колеблется от 700 – 750 мм (на северо-западе) до 300 – 350 мм (на юго-востоке). Однако в засушливые годы количество осадков значительно снижается в прибрежных районах Азовского и Черного морей – до 100 мм, в степных – до 150 – 200 мм, а в лесостепных – до 200 – 350 мм. Основная масса осадков в Украине выпадает летом и лишь в южной части Крыма – в зимний период [4].

В течение года суточные суммы осадков также распределены неравномерно. Наибольшие амплитуды их объемов характерны для юга. За какой-либо месяц здесь может выпасть 30 – 50 %

годового объема осадков, но уже в следующем году в этот месяц осадков может и не наблюдаться. Часто случаются периоды без осадков (особенно осенью), достигающие 2-3 месяца. Оценка пространственной неравномерности с помощью индекса Джини позволила охарактеризовать ее на количественном уровне.

Для определения индекса концентрации была использована методика, смысл которой объясним на примере временного распределения осадков для станции Севастополь за период 1951 – 1990 гг. Общее представление об основных элементах методики анализа сведено в табл. 1, охарактеризуем ее поэтапно.

Таблица 1

Распределение частот по классам, относительные суммарные частоты X и суммарные проценты общего количества осадков Y для станции Севастополь за период 1951 – 1990 гг.

Класс	Ср. знач	ni	Σni	P _i	ΣP_i	$\Sigma ni(\%)=X$	$\Sigma P_i(\%)=Y$
1	2	3	4	5	6	7	8
0,1-0,9	0,5	1353	1353	676,5	676,5	33,8	4,1
1,0-1,9	1,5	659	2012	988,5	1665	50,2	10
2,0-2,9	2,5	414	2426	1035	2700	60,5	16,2
3,0-3,9	3,5	312	2738	1092	3792	68,3	22,7
4,0-4,9	4,5	224	2962	1008	4800	73,9	28,8
5,0-5,9	5,5	172	3134	946	5746	78,2	34,5
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
49,0-49,9	49,5	1	4004	49,5	16417	99,9	98,5
52,0-52,9	52,5	1	4005	52,5	16469,5	99,9	98,8
53,0-53,9	53,5	1	4006	53,5	16523	100	99,1
74,0-74,9	74,5	1	4007	74,5	16597,5	100	99,5
75,0-75,9	75,5	1	4008	75,5	16673	100	100
Сумма		4008		16673			

Вначале осадки разбиваются на классы с шагом в 1 мм. Полученные классы или пределы классов ранжируются в порядке возрастания в столбце номер 1, во втором столбце приведены их средние значения. Значение каждого класса заменяется его средним значением, что является достаточно точной аппроксимацией. В третьем столбце (n_i) представлено количество зафиксированных дней с осадками данного класса за период наблюдения (40 лет), или абсолютная частота (встречаемость). Указанная информация означает, что, например, для станции Севастополь за 40 лет наблюдений за весь период было зафиксировано 1353 дня с осадками в интервале от 0,1 до 0,9 мм; меньше половины из них (659) относятся ко второму интервалу 1,0 – 1,9 мм. День с наибольшим количеством осадков приходится на интервал 75,0 – 75,9 мм. В общей сложности, это составляет 4008 дней с осадка-

ми. Сумма третьего столбца. В четвертом столбце (Σn_i) представлен кумулятивный ряд частот, полученный сложением абсолютных частот класса за классом (очевидно, что последнее значение является общей суммой количества дней с осадками). Величина (P_i), характеризующая количество осадков данного класса, получена путем перемножения второго и третьего столбца и занимает в таблице пятый столбец. В шестом столбце (ΣP_i) приведено интегрально суммированное значение предыдущего столбца. Таким образом, значение последнего класса представляет собой общее количество осадков за период наблюдения, т. е. 16673 мм. Наконец, проценты четвертого и шестого столбцов представлены в седьмом и восьмом столбцах соответственно: другими словами, каждое значение разделено на последнее значение столбца и умножено на 100. Последние два столбца могут быть

интерпретированы так: одна треть дней с осадками (33,8 %) характеризуется значениями 0,9 мм и меньше, обеспечивает только 4,1 % от общего количества осадков.

Графически полученные результаты представлены на рис. 1, который иллюстрирует соотношение кумулятивного ряда дней с осадками $\Sigma p_i(\%)$ или X, к кумулятивному ряду количества осадков, $\Sigma P_i(\%)$ или Y.

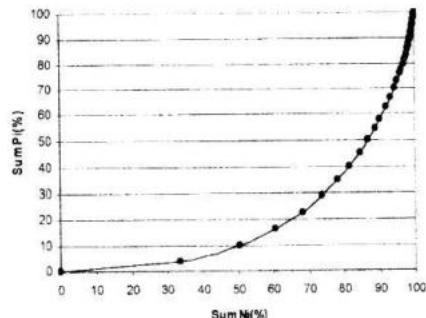


Рис. 1. Отношение кумулятивного ряда (накопленные частоты) дней с осадками к кумулятивному ряду осадков

Анализ суточных осадков с помощью индекса Джини сводится к расчету так называемых накопленных или кумулятивных частот (долей) и построению кривой Лоренца, так называемой, кумулятивной кривой, представленной для нашего случая на рис. 2. Площадь S, за-

ключенная между биссектрисой квадранта и линией концентрации осадков представляет собой меру концентрации, т. е., чем больше площадь фигуры, тем больше концентрация [5].

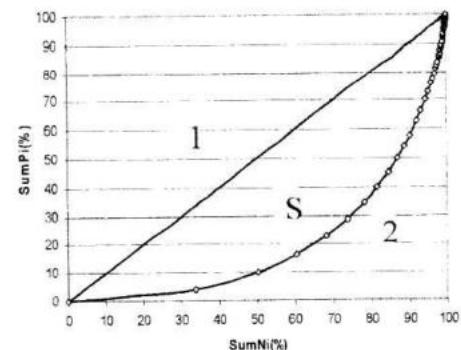


Рис. 2. Кривая равенства (1) и кривая концентрации (2) для станции Севастополь (1951–1990 гг.)

Метод может быть улучшен, если подставить кривую Лоренца под экспоненциальную линию типа:

$$Y = a \cdot X \cdot \exp(b \cdot X). \quad (1)$$

Эмпирическая и экспоненциальные кривые для станции Севастополь представлены на рис. 3. При этом определение констант a и b проводится с помощью метода наименьших квадратов:

$$\ln a = \frac{\sum X_i^2 \sum \ln Y_i + \sum X_i \sum X_i \ln X_i - \sum X_i^2 \sum \ln X_i - \sum X_i \sum X_i \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}, \quad (2)$$

$$b = \frac{N \sum X_i \ln Y_i + \sum X_i \sum \ln X_i - N \sum X_i \ln X_i - \sum X_i \sum \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3)$$

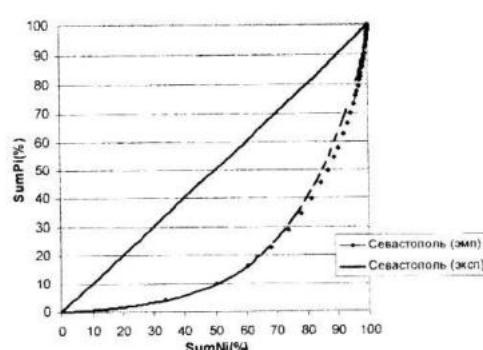


Рис. 3. Эмпирические величины (кривая концентрации) и экспоненциальная кривая уравнения (1) для станции Севастополь

После нахождения констант a и b вычисляем площадь A' путем интегрирования уравнения (1) от 0 до 100

$$A' = \left[\frac{a}{b} e^{bx} \left(x - \frac{1}{b} \right) \right]_0^{100} \quad (4)$$

Площадь S' , заключенная между кривой концентрации и кривой равенства, находится как разница между площадью треугольника, ограниченного на плоскости координат линией равенства (или линией идеального распределения),

величина которой равна 5000, и значением, полученным в уравнении (4),

$$S' = 5000 - A'.$$

Индекс Джини рассчитывается из следующего выражения: $CI = 2S'/10000$ или $CI = S'/5000$.

Для станции Севастополь – $a = 0,03803$, $b = 0,03229$, индекс $CI = 0,58$.

Как видно на рис. 3 экспоненциальная и эмпирическая кривые практически совпадают, что позволяет использовать

такую аппроксимацию для дальнейшего расчета.

Результаты. Индекс концентрации суточных осадков, рассчитанный для 21 анализируемой станции Украины, приведен в табл. 2.

По рассчитанным коэффициентам концентрации построена карта изоплет, которая позволяет судить о распределении осадков по территории Украины (рис. 4).

Таблица 2

Значения констант a , b и CI для 21 станций Украины за период 1951 – 1990 гг

Станция	a	b	CI	Станция	a	b	CI
Ай-Петри	0,02383	0,03662	0,63	Одесса	0,02243	0,03743	0,63
Аскания-Нова	0,02819	0,03509	0,61	Полтава	0,03414	0,03329	0,59
Винница	0,02695	0,03559	0,61	Севастополь	0,03803	0,03229	0,58
Геническ	0,02036	0,03832	0,63	Симферополь	0,03278	0,03378	0,59
Дебальцево	0,02936	0,03405	0,6	Ужгород	0,03725	0,03262	0,58
Измаил	0,02849	0,03506	0,61	Умань	0,02601	0,03595	0,61
Керчь	0,036	0,03274	0,59	Феодосия	0,02781	0,03517	0,61
Киев	0,03008	0,03455	0,6	Харьков	0,04069	0,03162	0,58
Лубны	0,03351	0,03356	0,59	Черновцы	0,02949	0,03469	0,61
Луганск	0,03802	0,03232	0,58	Шепетовка	0,03557	0,03284	0,59
Львов	0,03847	0,03215	0,58				

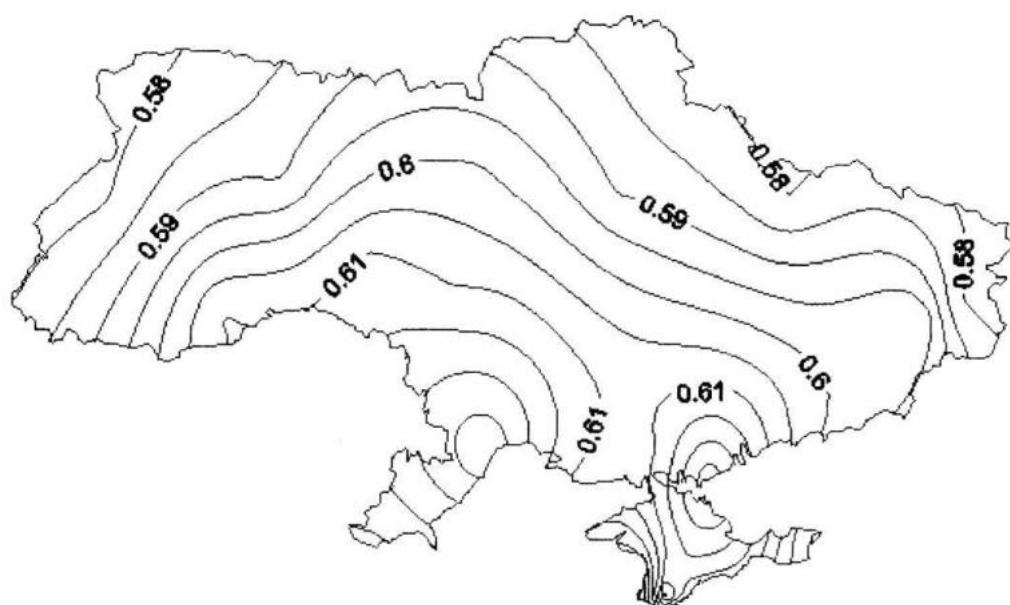


Рис. 4. Карта изоплет индекса Джини (1951 – 1990 гг.)

Максимальные индексы концентрации наблюдаются для станций Одесса, Геническ и Ай-Петри (0,63), а минимальные (0,58) – для станций Львов, Луганск, Ужгород, Харьков и Севастополь.

По территории Украины наблюдается увеличение индекса концентрации с севера-запада и северо-востока на юг от 0,58 до 0,63.

Большие градиенты наблюдаются на юге Крымского полуострова, с максимумом индекса в станции Ай-Петри (0,63). На востоке отмечается сближение изолиний.

Полученная карта позволяет определить районы с наибольшими контрастами суточных осадков и наибольшей агрессивностью осадков, то есть способности к эрозии почвы.

Корреляция между индексом концентрации и среднегодовыми осадками не значима (значение коэффициента корреляции 0,08). Корреляция между индексом и коэффициентом вариации составляет 0,2 ($P < 0,05$). Отрицательная корреляция наблюдается между индексом концентрации и количеством дней с осадками в году: -0,07 ($P < 0,05$). Коэффициенты корреляции небольшие, что подтверждает, что распределение суточных осадков в течение года является скрытым процессом и не может быть охарактеризовано такими параметрами.

Годовые и месячные осадки скрывают дифференциацию их суточных значений в течение года. Событие, или наоборот, отсутствие хотя бы одного дня с интенсивными осадками может оказаться на среднем показателе месяца, сезона, года. Поэтому изучение распределения суточных осадков является важным вопросом в климатологии.

Статистическая структура суточных осадков может быть рассмотрена посредством кривых концентраций, которые связывают кумулятивные проценты (доли) дней с осадками и кумулятивные проценты самих осадков. Индекс концентрации определяли с помощью кривой концентрации, что позволило оценить вклад интенсивных осадков в их общее количество.

Индекс Джини был рассчитан для 21 станции Украины за период 1951 – 1990 гг. Его значения находятся в интервале от 0,58 до 0,63. Высокие значения индекса наблюдаются на юге страны.

Заключение. Рассчитанные кривые Лоренца суточных осадков показали дифференциацию осадков по территории Украины, при этом индекс Джини изменяется от 0,58 до 0,63 с северо-запада и с северо-востока на юг страны.

Полученная карта изоплет индекса Джини показала, что районы юга страны характеризуются наибольшей нерегулярностью суточных осадков в течение года (интенсивные осадки вносят наибольший вклад в общее количество годовых осадков), т.е. наибольшей агрессивностью осадков, приводящих к эрозии почв.

Коэффициенты корреляции между индексом концентрации и среднегодовыми осадками, а также между коэффициентом вариации годовых сумм осадков и среднегодовым количеством дней с осадками в году невелики, это означает, что такие параметры не могут характеризовать распределение суточных осадков в течение года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Северо-Евразийский Климатический Центр <http://seakc.meteoinfo.ru>
2. Martin-Vide J. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in Peninsular Spain // Int. J. Climatol. – 2004. – 24. – P. 959 – 971.
3. Гальперин В.М., Гальперин В.В. 50 лекций по микроэкономике (economicus.ru).
4. Літінський В.М., Дячук В.А., Бабіченко В.М. Клімат України. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – С. 174 – 191.
5. Shaw G., Wheeler D. Statistical Techniques in Geographical Analysis. Halsted Press. New York, 1994. – P. 80 – 87.