

УДК 551.501.7

## УНІВЕРСАЛЬНІ СІМЕЙСТВА РОЗПОДІЛУ ДЖОНСОНА ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ ШВИДКОСТІ ПРИЗЕМНОГО ВІТРУ

Г.П. Івус, професор, к.геогр.н., завідувач кафедрою

Е.В. Агайар, к.геогр.н., доцент

А.Б. Семергей-Чумаченко, к.геогр.н., доцент

Л.М. Гурська, старший викладач

*Одеський державний екологічний університет,  
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, hurska.od@gmail.com*

В останні десятиліття у зв'язку з бурхливим розвитком чисельних методів прогнозу погоди приділяється недостатня увага фізико-статистичним закономірностям. Проте кліматичні зміни та їх наслідки для різних галузей економіки вимагають інформації про імовірнісні характеристики метеорологічних величин і явищ, включаючи вітрові аномалії. У статті розглянуто досвід застосування розподілу Джонсона для вирівнювання часових рядів швидкості вітру біля поверхні землі на метеорологічній станції Одеса-порт в центральні місяці сезонів. Виявлено ряд закономірностей, які враховують не тільки сезонну і добову мінливість параметрів цього розподілу, а й вплив фізико-географічних умов розташування метеорологічної станції на формування режиму приземного вітру.

**Ключові слова:** сімейство розподілів Джонсона, ряди швидкості вітру, статистичні параметри, метод моментів.

### 1. ВСТУП

В останні десятиліття у зв'язку з бурхливим розвитком чисельних методів прогнозу погоди приділяється недостатня увага фізико-статистичним закономірностям. Проте кліматичні зміни та їх наслідки для різних галузей економіки вимагають інформації про імовірнісні характеристики метеорологічних величин і явищ, включаючи вітрові аномалії. Викладений далі матеріал є продовженням роботи представленої в [1, 2].

### 2. ОПИС ОБ'ЄКТА ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні застосування закону Джонсона для апроксимації рядів швидкості вітру біля поверхні землі на метеорологічній станції Одеса-порт.

Матеріалами дослідження послужили дані чотирьохстроккових метеорологічних спостережень (00, 06, 12, 18 ВСЧ) за швидкістю і напрямком приземного вітру за період 1981-1990 рр. на станції Одеса-порт в середньосезонні місяці.

### 3. ОПИС ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для опису експериментальних даних у різних аналітичних моделях закону розподілу останнім часом частіше стало застосовуватися сімейство розподілів Джонсона [1-6, 9-12, 14, 15]. Його перевага в порівнянні з розподілом Пірсона полягає в тому, що після певних перетворень воно призводить до нормально розподіленої випадкової величини. Так, в [5] розглядаються статистичні властивості реальних радіолокаційних сигналів за методикою, в основі якої лежить пряме і зворотне перетворення Джонсона. Розподіли Джонсона знайшли застосування у вирішенні задач класифікації аерокосмічних зображень [6], статистичному контролю багатопараметричного процесу [10],

забезпечення безперебійної надійної роботи пристроїв термінальної мережі [11], опису транспортних потоків і моделювання дорожнього руху [14, 15], в розробці системи моніторингу процесу синтезу нановуглецю [4]. На початку 70-х років ХХ ст. грузинські гідрологи Г.Г. Сванідзе та Г.Л. Григолія в якості апроксимуючого закону для кривої розподілу, обмеженої з двох сторін, рекомендували  $S_B$  - розподіл Джонсона [13]. Цей же закон використаний для складання імовірнісного прогнозу перевищення заданого рівня промислової водойми [9]. У гідрологічній практиці цей розподіл не знайшов широкого розповсюдження, так як нижню і верхню межі випадкової величини дуже рідко вдається оцінити надійно за емпіричними даними. Використання кривої Джонсона може бути ефективним лише в тому випадку, коли хоча б одна межа відома априорі або з достатньою точністю визначена, виходячи з фізичних міркувань [13]. Можливо, з цими обмеженнями пов'язане досить обмежене застосування цього закону і в метеорології [1-3], хоча багато метеорологічних параметрів мають межі, наприклад, швидкість вітру і кількість опадів (ліву), кількість хмарності і відносна вологість (обидві межі) тощо.

Методи апроксимації на основі універсальних сімейств розподілів забезпечують гнучкість вирішення завдання вирівнювання розподілів. Найбільш поширеними підходами до побудови універсальних сімейств є підходи, засновані на методі моментів, і на заміні вихідної вибірки іншою, розподіл якої є стандартним. Перший підхід реалізується сімейством універсальних розподілів Пірсона, а другий – сімейством універсальних розподілів Джонсона [7].

Вирівнювання статистичних розподілів за логарифмічним законом за допомогою конкретних перетворень щільності нормального розподілу запропонував Джонсон ще в 1949 р. [7, 8, 16-20].

Нехай  $\xi$  – спостережувана випадкова величина, для якої перетворення Джонсона має вигляд

$$x = \gamma + \eta \tau(\xi, \varepsilon, \lambda); \quad \eta > 0, -\infty < \gamma < \infty, \lambda > 0, -\infty < \varepsilon < \infty, \quad (1)$$

де  $x$  – випадкова величина, розподілена за нормальним законом,  $\gamma, \eta, \varepsilon, \lambda$  – параметри розподілу Джонсона ( $\eta, \gamma$  – параметри форми,  $\lambda$  – параметр масштабу,  $\varepsilon$  – характеризує центр розподілу),  $\tau(\cdot)$  – деяка довільна функція.

Параметри розподілу Джонсона за вибіркою незалежних даних можна оцінити методом моментів [21]. У цьому випадку необхідно провести оцінки середнього, дисперсії, асиметрії та ексцесу, тому використання розподілу Джонсона без експериментальних даних ускладнено.

Джонсон запропонував три форми функціонального перетворення:

$$(S_L): \quad \tau_1(\xi, \varepsilon, \lambda) = \ln\left(\frac{\xi - \varepsilon}{\lambda}\right), \quad \xi \geq \varepsilon; \quad (2)$$

$$(S_B): \quad \tau_2(\xi, \varepsilon, \lambda) = \ln\left(\frac{\xi - \varepsilon}{\varepsilon + \lambda - \xi}\right), \quad \varepsilon \leq \xi \leq \varepsilon + \lambda; \quad (3)$$

$$(S_U): \quad \tau_3(\xi, \varepsilon, \lambda) = \text{Arsh}\left(\frac{\xi - \varepsilon}{\lambda}\right), \quad -\infty < \xi < +\infty. \quad (4)$$

Як випливає з (2-4), функція  $\tau_1(\cdot)$  придатна для опису щільності з параметром, обмеженим ліворуч, функція  $\tau_2(\cdot)$  – з кінцевим, а  $\tau_3(\cdot)$  – з нескінченним параметром. Так як вид функції  $\tau(\cdot)$  може залежати не тільки від параметра, але і від інших характеристик гістограми розподілу, тому вищесказане не є обов'язковим. В [6] рекомендовано здійснювати вибір сімейства розподілів Джонсона на підставі нормативних показників асиметрії  $\beta_1$  та ексцесу  $\beta_2$  емпіричного розподілу за такими формулами:

$$\sqrt{\beta_1} = \frac{\mu_3}{(\mu_2)^{3/2}}; \quad \sqrt{\beta_2} = \frac{\mu_4}{(\mu_2)^2},$$

де  $\mu_i - i$ -й центральний момент випадкової величини  $\xi$ .

Сімейства розподілів Джонсона відрізняються різноманітністю форм і в площині асиметрії в квадраті  $A^2$  та ексцесу  $E$  займають значні області [4]. Области комбінацій  $A^2$  і  $E$  для різних розподілів Джонсона дозволяють підібрати відповідне сімейство за значеннями оцінок  $A$  і  $E$  вибіркового розподілу по діаграмі Джонсона (рис. 1).

Оцінити параметр багатовимірної щільності розподілу можна за результатами, отриманими в [6] для одновимірних випадкових величин. Нагадаємо, що параметри  $\varepsilon, \lambda$  мають сенс параметрів масштабу випадкової величини. Оскільки в задачах обробки та інтерпретації рядів швидкості вітру використовується конкретне значення швидкості, яка може змінюватися в деякому кінцевому інтервалі значень (часто від 0 до

20 м·с<sup>-1</sup>), то інтервал зміни випадкової величини апріорі відомий і цю інформацію можна застосовувати при оцінюванні  $\varepsilon$  і  $\lambda$ .

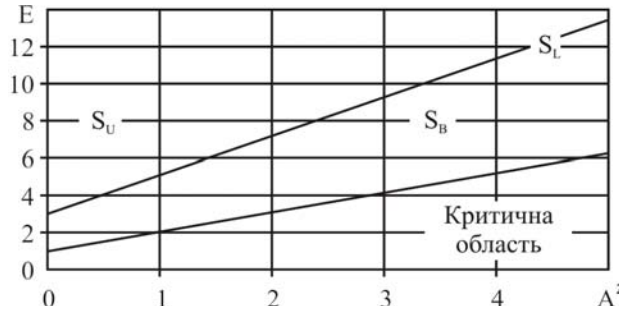


Рис. 1 – Комбінації  $A^2$  і  $E$  для різних розподілів Джонсона

Для розподілу  $S_L$ , де

$$\xi = \gamma + \eta \ln\left(\frac{\xi - \varepsilon}{\lambda}\right),$$

проводиться заміна змінних, і тоді число параметрів зменшується до трьох

$$\xi = \gamma^* + \eta \ln(\xi - \varepsilon),$$

де  $\gamma^* = \gamma - \eta \ln \lambda$ .

Параметр  $\varepsilon$  тут має сенс лівої межі розподілу і в роботі зі швидкістю вітру його можна вважати рівним нулю або мінімальному значенню у вибірці. При відомому  $\varepsilon$  оцінки для  $\gamma^*$  і  $\eta$  мають вигляд:

$$\hat{\eta} = \frac{1}{\hat{\sigma}}, \quad \hat{\gamma}^* = -\frac{\hat{\mu}}{\hat{\sigma}},$$

$$\text{де } \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \ln(x_i - \varepsilon)^2}{N} - \hat{\mu}^2}.$$

Для сімейства розподілів  $S_B$  у випадку, коли відомі параметри  $\varepsilon$  (ліва межа розподілу) і  $\lambda$  (ширина кордонів), параметри  $\eta$  і  $\gamma$  оцінюються шляхом зіставлення двох емпіричних процентилей двом відповідним процентилям стандартного нормального розподілу [11].

Після вибору відповідного сімейства розподілів слід розрахувати його параметри і перевірити адекватність отриманого закону розподілу за допомогою критерію згоди, наприклад,  $\chi^2$  Пірсона.

Зупинимося на вирівнюванні часових рядів швидкості приземного вітру на ст. Одеса-порт за допомогою розподілу Джонсона. Природно, що рішення задачі почалося з перевірки аналізованого ряду на однорідність за допомогою відповідного критерію [22]. В якості статистичних параметрів (табл. 1), що характеризують вихідні ряди швидкості вітру, використані середні значення швидкості вітру ( $\bar{x}$ ), серед-

ньоквадратичні відхилення ( $\sigma_x$ ), коефіцієнти асиметрії (А) та ексцесу (Е), коефіцієнт варіації (С). Для всіх перерахованих характеристик розраховані статистичні помилки (табл. 1).

Аналіз середніх значень швидкості вітру на ст. Одеса-порт в центральні місяці сезонів за період 1981-1990 рр. показав, що чітко простежується добовий хід: мінімум швидкості відмічається в нічні та ранкові години, максимум – у строк 12 ВСЧ; до вечірнього 18 ВСЧ строку швидкість убиває. У зв'язку з тим, що середня швидкість вітру досить мала, значить на неї впливає не тільки макроциркуляційний режим, але і розташування самої станції.

Метеорологічна станція Одеса-порт розташована в північній частині Одеської затоки, що входить в північно-східну частину Чорного моря на 4,5 км і оточена мисами Ланжерон і Північний Одеський. Датчики вітру встановлені на даху метеорологічної станції. Ширина затоки біля входу і майже до її середини – 9 км. Північно-західне узбережжя затоки високе (40-70 м) і обривисте, схильне до зсувів, опускається до моря терасами, на найвищих терасах побудоване місто, а на найнижчій, безпосередньо біля моря, – Одеський порт. Низький і піщаний північно-західний берег затоки, поступово згинаючись, тягнеться до с. Крижанівка, а потім до мису Північний Одеський і на південному сході знову стає підвищеним і обривистим. Рослинність рідка, лісів немає, ґрунт чорнозем. В Одеській затоці переважає глибина 9-14 м за винятком кам'янистої банки біля мису Північний Одеський, де глибина становить 5-6 м. Ізобата 5 м проходить практично паралельно береговій лінії затоки на відстані близько 1 км, а в північній частині віддаляється від неї на 2 км.

Постійний материковий стік прісної води відсутній, але при північно-східних вітрах позначається вплив Дніпро-Бузького лиману. Особливістю Одеської затоки є надзвичайно різкі коливання температури і солоності води.

Порівняння середніх значень швидкості вітру на ст. Одеса-порт і порт Південний [1, 2] показує, що фон швидкості в Одесі нижчий, ніж у Південному, що пояснюється, в основному, особливостями місця розташування станції. У перехідні сезони і влітку розподіли швидкості вітру, залишаючись гостровершинними, а також різко і позитивно асиметричними, відрізняються від розподілів зимових місяців меншими значеннями  $\sigma$  (табл. 1). Мінімальна мінливість швидкості вітру спостерігається влітку, коли  $\sigma$  приймає значення 2,3-3,0 м·с<sup>-1</sup>. Тепле півріччя характеризується дещо більшими  $\sigma$  у порівнянні з холодним, тоді як в порту Південний – навпаки.

Як правило, асиметрія розподілу швидкості вітру помірна; лише три рази (січень – 00 ВСЧ, квітень – 06 ВСЧ і жовтень – 06 ВСЧ) коефіцієнт асиметрії

$A > 0,5$ . Цього результату слід було очікувати, оскільки через велике число порівняно малих швидкостей вітру середня швидкість зазвичай перевищує найбільш вірогідну. Причому, розподіл називають позитивно асиметричним, якщо середня більше моди і швидкість вітру має часто досягнути межі.

Значення коефіцієнтів ексцесу для розподілів швидкості вітру слабо негативні; винятком є квітень, 06 ВСЧ, коли ексцес - слабкий позитивний. Розрахунок коефіцієнтів варіації за чотирма строками за кожен місяць показав, що його значення змінюються від 0,41 (06 ВСЧ, липень) до 0,47 (12 ВСЧ, липень). Значення помилок  $\sigma_\sigma$  [1] коливаються від 0,10 до 0,12,  $\sigma_A = 0,14$ ,  $\sigma_E = 0,28$ .

З вищесказаного випливає, що використання нормального закону для апроксимації рядів швидкості вітру не застосовується. В якості теоретичного закону розподілу використовуємо сімейства розподілів Джонсона. Розподіл вдалося підібрати при  $\epsilon$ , що варіює в досить широких межах, від -0,51 до -8,00 (табл. 2). Параметр  $\lambda$ , що визначає масштаби зміни випадкової величини по сезонах, коливається від 63,56 у січні (18 ВСЧ) до 15,77 у жовтні (18 ВСЧ). Оцінюючи параметри форми кривих швидкості вітру  $\eta$  і  $\gamma$ , можна виявити деякі особливості режиму приземного вітру на ст. Одеса-порт протягом року, які відрізняються від аналогічних параметрів на сусідніх станціях, Іллічівськ і Південний-порт. Чим менше  $\gamma$ , тим менша крутість спаду кривих. Величини  $\eta$  і  $\gamma$  змінюються в межах 0,82 - 3,54 і 0,24 - 4,81 відповідно. У всіх випадках  $\lambda > 1$ , що свідчить про належність кривих до сімейства  $S_L$  (рис. 2). Швидкість вітру в квітні (06 ВСЧ) не підпорядковується заданому закону, навіть після корегування параметра  $\epsilon$  та інших ( $\gamma = 0,00$ ;  $Q < 1\%$ ). У липні, коли швидкість вітру нижча, ніж в інші сезони (табл. 1),  $\lambda$  варіює дуже сильно від 16,55 до 50,72. Наприклад, у жовтні коливання  $\lambda$  складають 15,77 - 32,00. Мінімум значень  $\lambda$  спостерігається у вечірній і ранковий час (18 ВСЧ, жовтень і 06 ВСЧ, липень), а максимум вдень (12 ВСЧ, жовтень) і вночі (00 ВСЧ, липень). Влітку і восени значення  $\eta$  у всіх випадках лежать в межах від 1 до 2. Значення  $Q$ , які змінюються від 0,01 до 0,07, підтверджують можливість вирівнювання рядів швидкості вітру на ст. Одеса-порт розподілом Джонсона сімейства  $S_L$ .

Оцінюючи значення  $Q$  за весь рік, відмітимо, що в літній місяць припущення про вирівнювання рядів швидкості вітру розподілом Джонсона, справджується краще. Значення  $\zeta$  при яких вдалося підібрати розподіл Джонсона, змінюється від -6,0 до -0,51.

Таблиця 1 – Значення  $\bar{x}$ ,  $\sigma$ , A, E, C,  $\sigma_{\bar{x}}$ ,  $\sigma_{\sigma}$ ,  $\sigma_A$  і  $\sigma_E$  для швидкостей вітру на станції Одеса-порт. 1981-1990 рр.

Місяць	Строк	Статистичні параметри								
		$\bar{x}$	$\sigma$	A	E	C	$\sigma_{\bar{x}}$	$\sigma_{\sigma}$	$\sigma_A$	$\sigma_E$
Січень	00	4,4	3,1	0,54	-0,50	0,70	0,17	0,12	0,14	0,28
	06	4,8	2,8	0,45	-0,36	0,60	0,16	0,11	0,14	0,28
	12	5,7	2,8	0,31	-0,24	0,49	0,16	0,11	0,14	0,28
	18	4,5	3,0	0,56	-0,24	0,67	0,17	0,12	0,15	0,28
Квітень	00	5,3	3,0	0,23	-0,33	0,57	0,18	0,12	0,14	0,28
	06	5,3	2,9	0,52	0,16	0,55	0,17	0,11	0,14	0,28
	12	5,7	3,1	0,30	-0,43	0,54	0,18	0,12	0,14	0,28
	18	5,4	3,0	0,36	-0,24	0,55	0,17	0,11	0,14	0,28
Липень	00	4,2	2,3	0,48	-0,26	0,68	0,15	0,11	0,14	0,28
	06	3,8	3,0	0,31	-0,24	0,71	0,18	0,10	0,14	0,28
	12	4,0	2,9	0,30	-0,30	0,47	0,15	0,11	0,14	0,28
	18	5,2	2,9	0,36	-0,24	0,66	0,16	0,11	0,14	0,28
Жовтень	00	5,3	3,0	0,31	-0,33	0,66	0,19	0,12	0,14	0,28
	06	5,3	2,9	0,52	-0,16	0,58	0,17	0,10	0,14	0,28
	12	5,7	3,1	0,30	-0,43	0,55	0,18	0,11	0,14	0,28
	18	5,4	3,0	0,36	-0,24	0,65	0,18	0,12	0,14	0,28

Примітка:  $\sigma_{\bar{x}}$ ,  $\sigma_{\sigma}$ ,  $\sigma_A$ ,  $\sigma_E$  - похибки середньої швидкості вітру, середньоквадратичного відхилення, коефіцієнтів асиметрії та ексцесу відпо-

відно;  $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$ ,  $\sigma_{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{2n-1}}$ ,  $\sigma_A = \sqrt{\frac{6}{n}}$ ,  $\sigma_E = \frac{24}{n}$ , де n - об'єм вибірки [8].

Таблиця 2 – Значення параметрів розподілу Джонсона  $\varepsilon$ ,  $\lambda$ ,  $\eta$ ,  $\chi^2$ ,  $\gamma$ ,  $Q$  для швидкості вітру на ст. Одеса-порт. 1981-1990 рр.

Місяць	Строк	Параметри розподілу Джонсона					
		$\varepsilon$	$\lambda$	$\eta$	$\chi^2$	$\gamma$	$Q$
Січень	00	-1,10	17,34	1,12	7,64	0,68	0,05
	06	-1,10	19,43	1,14	5,14	0,89	0,02
	12	-1,50	18,41	3,54	6,73	0,43	0,04
	18	-8,00	63,56	1,07	5,88	4,81	0,05
Квітень	00	-1,30	14,79	1,07	7,30	0,93	0,06
	06	-0,52	15,89	1,01	9,77	0,00	0,008
	12	-3,00	8,00	1,45	3,31	0,68	0,07
	18	-0,51	14,85	0,82	10,27	0,45	0,04
Липень	00	-2,30	50,72	1,83	7,91	3,93	0,05
	06	-0,51	16,55	1,09	9,39	1,43	0,01
	12	-6,00	24,00	2,12	5,26	0,24	0,07
	18	-1,60	19,60	1,55	7,91	1,42	0,05
Жовтень	00	-1,50	16,84	1,01	10,18	0,47	0,02
	06	-2,70	21,87	1,44	9,45	1,18	0,02
	12	-3,00	32,00	1,94	9,25	2,13	0,06
	18	-1,00	15,77	1,07	12,58	0,82	0,01

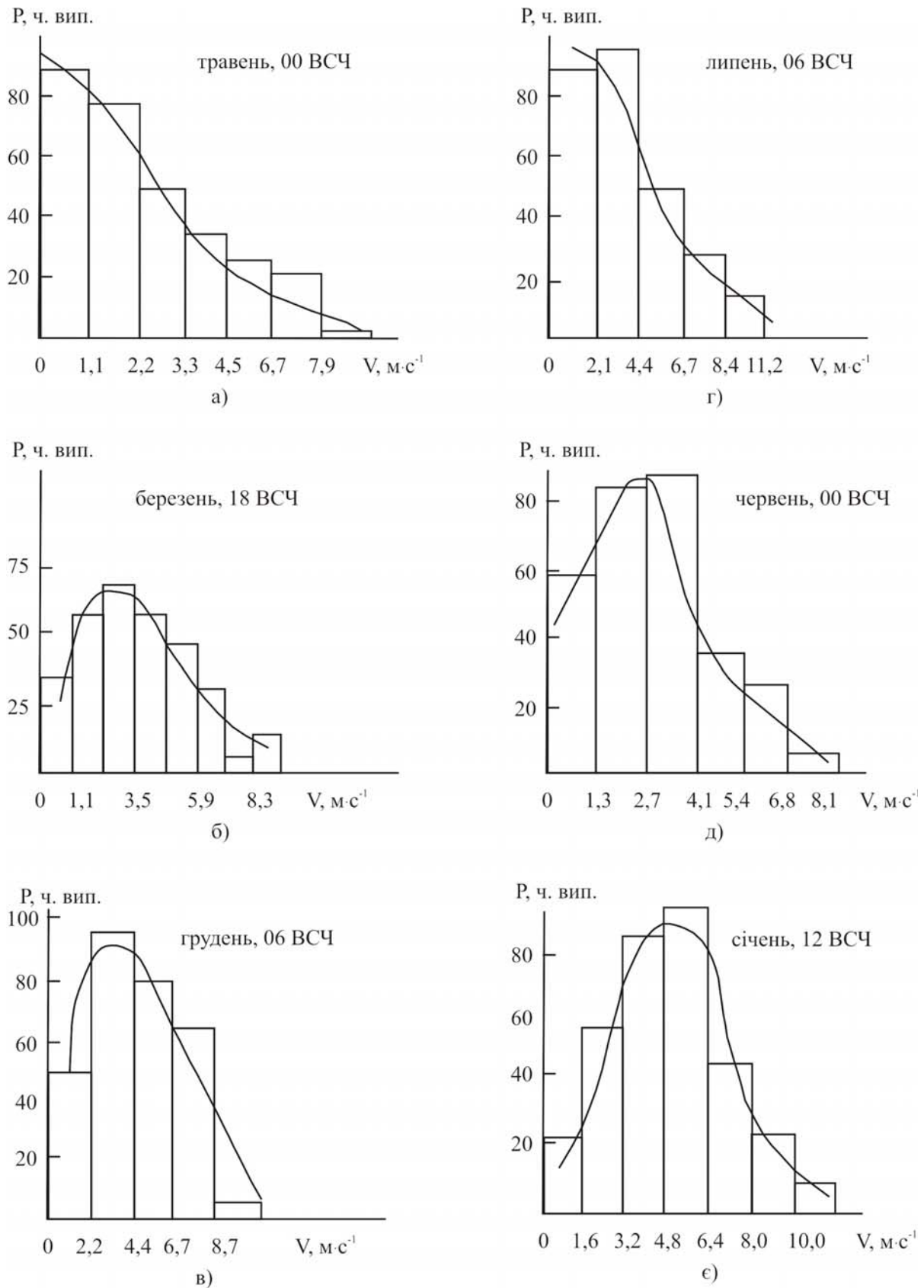


Рис. 2 – Статистичний і теоретичний (за Джонсоном) розподіл швидкості вітру на узбережжі Чорного моря: а, б, в – Іллічівськ-порт; г – Одеса-порт; д, е – Південний-порт.

#### 4. ВИСНОВКИ

Практично у всіх випадках одномодальних розподілів часових рядів швидкості вітру на ст. Одеса-порт можна використовувати універсальний розподіл Джонсона сімейства  $S_L$ . Параметри цього розподілу дозволяють виявити ряд закономірностей, що враховують вплив фізико-географічних умов розташування станцій на режим вітру біля поверхні землі.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агайар Э.В. Применение закона распределения Джонсона для выравнивания рядов скорости ветра у поверхности земли / Э.В. Агайар // Вісник ОДЕКУ. – 2013. – Вип. 16. – С. 83-89.
2. Агайар Э.В. Оценка статистических характеристик ветрового режима в районе станций Южный-порт и Ильичёвск-порт / Э.В. Агайар // Український гідрометеорологічний журнал. – 2013. – № 12. – С. 150-156.
3. Ауоров В.В. Применение распределений Джонсона при выравнивании данных о состоянии атмосферы над западным районом о. Куба / В.В. Ауоров, Г.П. Івус, Сельсо Пасос Альберди, Фернандо Мединилья Наполес. / Метеорология, климатология и гидрология. – 1991. – Вып. 27. – С. 10-19.
4. Богуславський Л.З. Методика построения аналитической модели закона распределения наночастиц углерода, полученных электроразрядным способом / Л.З. Богуславський, Н.С. Назарова, Л.Е. Овчинникова, С.С. Козырев, С.Б. Приходько // Вісник НТУ "ХПИ". – 2012. – № 21. – С. 24-27.
5. Борцова М.В. Метод моделирования негауссовых процессов на основе преобразований Джонсона / М.В. Борцова, А.В. Попов // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – Х.: Нац. АУ "ХАІ", 2008. – № 4 (31). – С. 7-23.
6. Буркатовская Ю.Б. Применение распределений Джонсона к задачам аэрокосмических изображений / Ю.Б. Буркатовская, Н.Г. Марков, А.С. Морозов, А.П. Серах // Изв. Томск. Политех. ун-та. – 2007. – Т. 311, № 5. – С. 76-80.
7. Кендалл М.Дж., Стюарт А. Теория распределений : [монографія] / М.Дж. Кендалл, А. Стюарт // М.: Наука, 1986. – 588 с.
8. Кобышева Н.В. Климатическая обработка метеорологической информации / Н.В. Кобышева, Г.Я. Наровлянский // Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 296 с.
9. Кожевникова И.А. Вероятность превышения заданного уровня в колебаниях стока промышленного водоёма / И.А. Кожевникова, В.И. Швейкина // Тр. Всес. научн. конф. «Современные проблемы стохастической гидрологии регулирования стока». – М.: 2012. – С. 106-116.
10. Константинова Е.И. Применение распределений Джонсона при статистическом контроле многопараметрического процесса / Е.И. Константинова // Тез. XIV Всерос. школы-коллоквиума по стохастич. методам и VIII Всерос. симпози. промыш. матем., Ульяновск. – 2007. – С. 42.
11. Приходько С.Б. Вибір аналітичної моделі закону розподілу часу напрацювання між відмовами пристроїв термінальної мережі / С.Б. Приходько, Л.М. Макарова // Наук. пр.: Комп'ютерні технології. – 2012. – Вип. 179. – Т. 191. – С. 42-45.
12. Рогожников А.П. Обзор критериев показательности / А.П. Рогожников, Б.Ю. Лемешко // Мат. XI между. конф. "Актуальные проблемы электронного приборостроения", Новосибирск, 2012. – Т. 6. – С. 47-55.
13. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации: [учебник] / А.В. Сикан – СПб.: РГГМУ. – 2007. – 279 с.
14. Шляева А.В. Исследование случайных входных воздействий для стохастических имитационных моделей дискретных систем: автореферат дис. канд. техн. наук / А.В. Шляева – М.: 2009. – 16 с.
15. Шляева А.В. Использование ограниченных непрерывных распределений для построения моделей случайных входных данных при имитационном моделировании систем / А.В. Шляева, И.В. Рудаков // Вестник МГТУ

- им. Н.Э. Баумана. – 2012. – С. 149-157.
16. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро // М.: Мир, 1969. – 396 с.
17. Ходасевич Г.Б. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ ч. I: Обработка одномерных данных: [учебное пособие] / Г.Б. Ходасевич. – СПб – 2002. – 82 с.
18. Easterling D.R., G. Goode, M.J. Menne, C.N. Williams, Jr.D. Levinson. A comparison of local and regional trends in surface and lower troposphere temperatures in western North Carolina. *Earth Interact.*, 2005, vol. 9, pp 1-9.
19. Johnson N.L. Bivariate distributions based on simple translations systems. *Biom.*, 1949, vol. 36, 297 p.
20. Johnson N.L. Tables to Facilitate Fittings SV Frequency Curves. *Oxford Biometrica Trust.*, 1965, pp. 52-57.
21. Hill J.D., Hill R., Holder R.L. Fitting Johnson curves by moments. *Applied statistics*, 1976, vol. 25, pp. 180-189.
22. Кондратюк В.И. Об устранении неоднородности в рядах ветра / В.И. Кондратюк // Труды ГГО. – 1984. – Вып. 485. – С. 130-134.

#### REFERENCES

1. Agayar E.V. Primenenie zakona raspredeleniya Dzhonsona dlya vyvavnivaniya ryadov skorosti vetra u poverkhnosti zemli [Application of the Johnson distribution law to alignment rows of surface wind]. *Visn. Odes. derz. ekol. univ – Bulletin of Odessa State Environmental University*, 2013, no. 16, pp. 83-89.
2. Agayar E.V. Otsenka statisticheskikh kharakteristik vetrovogo rezhima v rayone stantsiy Yuzhnyy-port i Il'ichevsk-port [Evaluation of the statistical characteristics of the wind regime in the area of seaports Yuzhnyy and Illichivsk] *Ukr. gidrometeorol. ž.-Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 2013, no. 12, pp. 150-156.
3. Auov V.V., Ivus G.P., Sel'so Pasos Al'berdi, Fernando Medinil'ya Napoles. Primenenie raspredeleniy Dzhonsona pri vyvavnivani dannykh o sostoyanii atmosfery nad zapadnym rayonom o. Kuba [Application of Johnson distribution for the alignment of data on the state of the atmosphere over the western region of Cuba]. *Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya - Meteorology, climatologiya and hydrology*, 1991, no. 27, pp. 10-19.
4. Boguslavs'kiy L.Z., Nazarova N.S., Ovchinnikova L.E., Kozrev S.S., Prihod'ko S.B. Metodika postroyeniya analiticheskoy modeli zakona raspredeleniya nanochastits ugleroda, poluchennykh elektrorazryadnym sposobom [The method of constructing an analytical model of the law distribution of carbon nanoparticles, that produced electric discharge method]. *Visnik NTU "KhPI" – Bulletin NTU "KPI"*, 2012, no. 21, pp. 24-27.
5. Bortsova M.V., Popov A.V. Metod modelirovaniya negaussovykh protsessov na osnove preobrazovaniy Dzhonsona [The method of modeling processes based on non-Gaussian transformations Johnson]. *Radioelektronni i komp'yuterni sistemi – Radioelectronic and computer systems*. Charkiv: Nat. AU "KhAI", 2008, no. 4 (31) pp. 7-23.
6. Burkatovskaya Yu.B., Markov N.G., Morozov A.S., Serakh A.P. Primenenie raspredeleniy Dzhonsona k zadacham aerokosmicheskikh izobrazheniy [Application of Johnson distributions to the problems of space images]. *Izv. Tomsk. Politekh. un-ta. - Proc. Tomsk. Polytech. Univ.* 2007, vol. 311, no. 5, pp. 76-80.
7. Kendall M.Dzh., Styuart A. *Teoriya raspredeleniy* [Distribution theory]. Moscow, Nauka, 1986, 588 p.
8. Kobysheva N.V., Narovlyanskiy G.Ya. *Klimaticheskaya obrabotka meteorologicheskoy informatsii* [Climate processing meteorological information]. Leningrad, Gidrometeorizdat, 1978, 296 p.
9. Kozhevnikova I.A., Shveykina V.I. Veroyatnost' prevysheniya zadannogo urovnya v kolebaniyakh stoka promyshlennogo vodoema [The probability of exceeding a given level in the reservoir flow fluctuations in the industrial]. *Tr. Vses. nauchn. konf. «Sovremennye problemy stokhasticheskoy gidrologii regulirovaniya stoka»* [Proc. All-Union. Scien. Conf. "Modern problems of stochastic hydrology regulation of the flow"]. Moscow, 2012, pp. 106-116.
10. Konstantinova E.I. Primenenie raspredeleniy Dzhonsona pri statisticheskom kontrole mnogoparametricheskogo protsessa [Application of Johnson distributions in statistical process control mul-

- tivariable]. *Tez. XIV Vseros. shkoly-kollokviuma po stokhastich. metodam i VIII Vseros. simpoz. promysh. matem.* [Proc. XIV All-Russia Colloquium on stochastic. methods and VIII IAI-Russia Symposium. industrial. math.]. Ulyanovsk, 2007, pp. 42.
11. Prikhod'ko S.B., Makarova L.M. Vybir analitychnoi modeli zakonu rozpodilu chasu napratsiuвання mizh vidmovamy prystroiv terminal'noi merezhi [The choice of analytical model of the time distribution between failures achievements terminal network devices]. *Nauk. pr.: Komp'yuterni tekhnologii* [Science. Ave.: Computer Technology], 2012, issue 179., 191, pp. 42-45.
  12. Rogozhnikov A.P., Lemeshko B.Yu. Obzor kriteriev pokazatel'nosti [Overview fairness of criteria]. *Mat. XI mezhd. konf. "Aktual'nye problemy elektronnoho priborostroeniya"* [Proc. XI Int. Conf. "Urgent problems of electronic instrument"], Novosibirsk, 2012, vol. 6, pp. 47-55.
  13. Sikan A.V. *Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informatsii* [The statistical treatment of hydrometeorological information]. St. Petersburg, RGGMU, 2007, 279 p.
  14. Shlyayeva A.V. *Issledovanie sluchaynykh vkhodnykh vozdeystviy dlya stokhasticheskikh imitatsionnykh modeley diskretnykh sistem. Avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk* [The study of random input actions for stochastic simulation models of discrete systems. The author's abstract dis. cand. tehn. science]. Moscow, 2009, 16 p.
  15. Shlyayeva A.V., Rudakov I.V. Ispol'zovanie ogranichenykh nepreryvnykh raspredeleniy dlya postroeniya modeley sluchaynykh vkhodnykh dannykh pri imitatsionnom modelirovaniy sistem [Using bounded continuous distributions for modeling of random input data while simulation systems]. *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana - Vestnik MSTU. NE Baumana*, 2012, pp. 149-157.
  16. Khan G., Shapiro S. *Statisticheskie modeli v inzhenernykh zadachakh* [Statistical models in engineering problems]. Moscow, Mir, 1969, 396 p.
  17. Khodasevich G.B. *Obrabotka eksperimental'nykh dannykh na EVM. ch. I: Obrabotka odnomernykh dannykh*. [The processing experimental data on a computer. h. I: Dimensional data processing]. St. Petersburg, 2002, 82 p.
  18. Easterling D.R., G. Goodge, M.J. Menne, C.N. Williams, Jr.D. Levinson. A comparison of local and regional trends in surface and lower troposphere temperatures in western North Carolina. *Earth Interact*, 2005, vol. 9, pp 1-9.
  19. Johnson N.L. Bivariate distributions based on simple translations systems. *Biom*, 1949, vol. 36, 297 p.
  20. Johnson N.L. Tables to Facilitate Fittings SV Frequency Curves. *Oxford Biometrica Trust.*, 1965, pp. 52-57.
  21. Hill J.D., Hill R., Holder R.L. Fitting Johnson curves by moments. *Applied statistics*, 1976, vol. 25, pp. 180-189.
  22. Kondratyuk V.I. Ob ustraneni neodnorodnosti v ryadakh vetra [On elimination of irregularities in the ranks of the wind]. *Trudy GGO* [Proceedings of MGO], 1984, vol. 485, pp. 130-134.

## UNIVERSAL FAMILIES OF JOHNSON DISTRIBUTIONS AND THEIR USE FOR ANALYSIS OF TIME SERIES OF SURFACE WIND SPEED

**G.P. Ivus**, professor, candidate of sciences, Head of Department

**E.V. Ahayar**, candidate of sciences, associate professor

**A.B. Semergei-Chumachenko**, candidate of sciences, associate professor

**L.M. Hurska**, senior lecturer

*Odessa State Environmental University,  
15, Lvivska St., 65016, Odessa, Ukraine, hurska.od@gmail.com*

*Introduction.* During the last decades in connection with rapid development of numerical methods of weather forecasting insufficient attention is given physical and statistical regularities. Nevertheless, climate change and its implications for the various sectors of the economy requires information about the probability characteristics of meteorological variables and phenomena, including wind anomaly. In the article it was considered experience of application Johnson's distributions to equalize time series of surface wind speed in the meteorological station of Odessa-port in the central months of the seasons. Were found a number of regularities that take into account not only the seasonal and diurnal variation of parameters this distribution, but also the impact of physical and geographical conditions of the location meteorological station on the formation of surface wind regime.

*The purpose* of publication is to substantiation application of Johnson's law to approximate series of wind speed at the surface on the meteorological station Odessa-port.

*Methods and results.* To describe the experimental data in various analytical models of the distribution law increasingly applied the family of Johnson's distributions. Its advantage compared to the distribution of the Pearson consists in the fact, that after some transformations, it leads to a normally distributed random variable. Approximation methods based on universal families of distributions provide flexibility solving the problem of alignment of distributions. The most common approaches to the construction of universal families are approaches based on the method of moments, and the replacement of the original sample the other, the distribution of which is the standard. Statistics wind is presented by following parameters: average values of wind speed, standard deviations, coefficients of asymmetry, excess, coefficient of variation and their error. Conducted alignment time series of surface wind speed using Johnson's distribution for station Odessa-port during a period 1981-1990 y.y., which managed to pick up when  $\epsilon$  from -0.51 to -8.00. The parameter  $\lambda$ , which determines the scale of change of the random variable seasonal ranges from 63.56 in January (18 UTC) to 15.77 in October (18 UTC). Estimating shape parameters of wind speed curves  $\eta$  and  $\gamma$ , can reveal some features of the surface wind regime at the st. Odessa port during the year. The less  $\gamma$ , the less slope of the

curves. The values of  $\eta$  and  $\gamma$  varies within 0,82-3,54 and 0,24-4,81, respectively. In all cases,  $\lambda > 1$ , indicating that the family of curves belonging  $S_L$ . The values of  $Q$ , which vary from 0.01 to 0.07, confirm the possibility of equalization the series of wind speed at the st. Odessa-port, Johnson's distribution family of  $S_L$ .

*Conclusion.* For unimodal distributions of time series wind speed at the meteorological station Odessa-port in almost all cases, possible to use the universal distribution of the Johnson's family  $S_L$ . The parameters of this distribution allow to reveal regularities, that take into account impact of physical and geographical conditions of the location stations on the formation of surface wind regime.

Keywords: Johnson's family of distributions, series wind speed, statistical parameters, method of moments.

## УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СЕМЕЙСТВА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЖОНСОНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СКОРОСТИ ПРИЗЕМНОГО ВЕТРА

Г.П. Ивус, профессор, к.геогр.н., заведующий кафедрой

Э.В. Агайар, к.геогр.н., доцент

А.Б. Семергей-Чумаченко, к.геогр.н., доцент

Л.М. Гурская, старший преподаватель

*Одесский государственный экологический университет,  
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, hurska.od@gmail.com*

В последние десятилетия в связи с бурным развитием численных методов прогноза погоды уделяется недостаточное внимание физико-статистическим закономерностям. Тем не менее климатические изменения и их последствия для различных отраслей экономики требует информации о вероятностных характеристиках метеорологических величин и явлений, включая ветровые аномалии. В статье рассмотрен опыт применения распределения Джонсона для выравнивания временных рядов скорости ветра у поверхности земли на метеорологической станции Одесса-порт в центральные месяцы сезона. Выявлен ряд закономерностей, учитывающих не только сезонную и суточную изменчивость параметров этого распределения, но и влияние физико-географических условий расположения метеорологической станции на формирование режима приземного ветра.

**Ключевые слова:** семейство распределений Джонсона, ряды скорости ветра, статистические параметры, метод моментов.

*Дата першого подання:* 31.07.15

*Дата надходження остаточної версії:* 07.10.2015

*Дата публікації статті:* 26.11.2015