УДК 681.142

DOI: http://dx.doi.org/10.20535/2219-3804162017114056

Н. А. Яремчук[1], *завідувач кафедри, к. т. н.*,
О. Ю. Года[2], *ст. викладач, к. т. н.*

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ КОМФОРТНОСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА ОРДИНАЛЬНИМИ ШКАЛАМИ

En To determine the degree of ecological environment comfort many indicators, such as bioclimatic indicators, temperature, humidity, seismicity, bogs, the ability of the soil and waterways to cleanse itself, the presence of blood-sucking insects, are used. The scale is set for each of the indicator to compare the individual regions on the basis of a number of quantitative indicators. The generalized (integrated) measure of comfort can be used in evaluating the joint action of various factors that degrade the ecological environment in addition to conventional values or individual levels. The generalized comfort index is defined by using values or performance levels of individual comfort considering weight factors or informativity coefficients.

Very often integral indicator of comfort is defined as the average ratings of certain parameters. But this definition is associated with the following disadvantages. Firstly, the scale of the integral index is discrete-verbal numerical scale and there is no way to decide at intermediate values of the integral index with different combinations of ingredients. Secondly, the scale of the integral index is conditional numerical scale, i.e. the level of comfort in scores determined arbitrarily, as some indicators show ordinal properties and are distributed only equivalence relation and order. Therefore, aggregation of such indicators in the integral index operator must be intended only for ordinal values, i.e. algebraic summation can not be used. The paper presents the ways of aggregating of the ecological environment individual comfort indicators in the integral index, due to which a decision on the general level of environmental comfort using the scale with fuzzy linguistic variables is taken.

Considering the bioclimatic comfort ordinal scales in order to improve the accuracy of the generalized level of bioclimatic comfort, the use of carrier aggregation suggested - median secondary Walsh was proposed in the paper. For the final decision at various combinations of individual comfort indicators the scale with fuzzy linguistic variables is used.

Ru В работе представлен способ объединения отдельных показателей биоклиматической комфортности в обобщенный показатель с использованием медианы Уолша и нечеткой шкалы обобщенного показателя комфортности. Проведено сравнение объединения с использованием среднего арифметического, медианы и медианы Уолша, показаны преимущества использования медианы Уолша при определении интегрального показателя биоклиматической комфортности.

[1] *НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», кафедра інформаційно вимірювальної техніки*
[2] *НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», кафедра інформаційно вимірювальної техніки*

Вступ

За умови визначення ступеня комфортності екологічного середовища використовується багато показників, у тому числі біокліматичні показники, температурні показники, вологість, опади та їх режим, тривалість безморозного та опалювального періодів, сила вітру, сонячна радіація, сейсмічність, заболоченість, здатність ґрунтів та водних артерій до самоочищення, наявність кровосисних комах тощо. Для кожного із показників встановлюється шкала, щоб на основі ряду кількісних показників можна було б порівнювати між собою окремі регіони. Особливе значення комфортність природних умов має для рекреаційних районів. У разі оцінки сумісної дії різних факторів, що погіршують екологічне середовище (наприклад, концентрації різних шкідливих речовин у вихлопних газах автівок або викидів промислових підприємств) крім окремих значень або умовних рівнів може використовуватись узагальнений (інтегральний) показник комфортності. Узагальнений показник комфортності знаходять використовуючи значення або рівні окремих показників комфортності із урахуванням вагових коефіцієнтів або коефіцієнтів інформативності [1]. Тому процедура отримання інтегрального показника складається з наступних етапів:

- визначення кількості суттєвих показників,
- встановлення шкали для оцінювання їх значень або рівнів,
- визначення вагових коефіцієнтів окремих показників,
- об'єднання окремих показників комфортності в інтегральний показник.

Так, наприклад, у [1] інтегральний показник біокліматичної комфортності $\text{ІП}_{\text{БК}}$ визначають за сумою балів біокліматичної оцінки за формулою:

$$\text{ІП}_{\text{БК}} = \sum_{i}^{n} \text{К}_{\text{інф}_i} \cdot \text{Б}_{\text{БК}_i} \cdot \left(\sum_{i}^{n} \text{К}_{\text{інф}_i} \right)^{-1} \qquad (1)$$

де $K_{інф_i}$ – коефіцієнт інформативності, $\text{Б}_{\text{БК}_i}$ – бал кліматичної оцінки i-го показника ($i = 1 \ldots n$).

Але формула (1) потребує удосконалення, так як шкали й окремих показників й інтегрального показника складаються із умовних балів, що відповідають вербальним рівням комфортності: 1 бал – «Дискомфорт», 3 бали – «Субкомфорт», 5 балів – «Комфорт». Складовими показниками у формулі (1) виступають оцінки теплової дії або впливу, патогенності метеоумов і потенціалу самоочищення атмосфери. Формування шкали інтегрального показника біокліматичної комфортності за (1) наведено в табл. 1.

При формуванні шкали комфортності за (1)

$$\text{ІП}_{\text{БК}} = \sum_{i}^{n} \text{К}_{\text{інф}_i} \cdot \text{Б}_{\text{БК}_i} \cdot \left(\sum_{i}^{n} \text{К}_{\text{інф}_i} \right)^{-1} = \sum_{i=1}^{n} \rho_i \cdot \text{Б}_{\text{БК}_i}, \qquad (2)$$

де $\rho_i = \mathrm{K}_{\text{інф}_i} \cdot \left(\sum_i^n \mathrm{K}_{\text{інф}_i} \right)^{-1}$ – відносні коефіцієнти інформативності або нормовані вагові коефіцієнти складників формули (1).

***Таблиця* 1.**

Формування шкали інтегрального показника оцінки біокліматичної комфортності

Оцінка теплової дії	Оцінка патогенності метеоумов	Оцінка потенціалу самоочищення атмосфери	Інтегральний показник біокліматичної комфортності	
			Бали	Вербальна характеристика
Жорстка теплова дія додатних або від'ємних температур (1 бал – «Дискомфорт»)	Високий рівень патогенності метеоумов (1 бал – «Дискомфорт»)	Низький потенціал самоочищення атмосфери (1 бал – «Дискомфорт»)	1	«Дискомфорт»
Помірна теплова дія додатних або від'ємних температур (3 бали – «Субкомфорт»)	Середній рівень патогенності метеоумов (3 бали – «Субкомфорт»)	Середній потенціал самоочищення атмосфери (3 бали – «Субкомфорт»)	3	«Субкомфорт»
Тепловий комфорт (5 балів – «Комфорт»)	Низький рівень патогенності метеоумов (5 балів – «Комфорт»)	Високий потенціал самоочищення атмосфери (5 балів – «Комфорт»)	5	«Комфорт»

У роботі [1] прийняті однакові вагові коефіцієнти складників, що видно із табл. 1. Таким чином інтегральний показник комфортності визначається як середнє арифметичне оцінок окремих показників. Але користування формулою (1) пов'язане із наступними недоліками. По-перше, шкала інтегрального показника це дискретна вербально-числова шкала (табл. 1 стовпці 4, 5) і немає способів прийняття рішення у разі проміжних значень інтегрального показника за різних сполученнях складників. По-друге, шкала інтегрального показника це умовно-числова шкала, тобто рівні комфортності у балах визначені умовно, тому що окремі показники відображають ординальні властивості і на них розповсюджується тільки відношення еквівалентності й порядку. Тому для агрегування таких показників у інтегральний показник необхідно використовувати оператори, призначе-

ні тільки для ординальних величин, тобто алгебраїчне підсумовування (1, 2) не може бути використане.

Постановка задачі

У роботі запропоновано способи агрегування окремих показників комфортності екологічного середовища у інтегральний показник, за яким приймається рішення про узагальнений рівень екологічної комфортності за допомогою шкали із нечіткою лінгвістичною змінною.

Визначення інтегрального показника комфортності за медіаною

Адекватною процедурою визначення розміщення центру групування для ординальних величин є медіана. Тобто інтегральний показник комфортності визначається як:

$$\text{ІП}_{\text{БК}} = Med\left(\text{Б}'_{\text{БК}_i}\right), \qquad (3)$$

де $Б'_{БК_i}$ – ранжований ряд окремих показників комфортності.

Отримання інтегрального показника комфортності за дискретною шкалою рівнів комфортності проілюстровано у табл. 2.

***Таблиця* 2.**

Визначення інтегрального рівня комфортності за окремими показниками

Ранжовані оцінки складників	Інтегральний показник комфортності
1, 1, 1 1, 1, 3 1, 1, 5	1 бал – «Дискомфорт»
1, 3, 3 1, 3, 5 3, 3, 3 3, 3, 5	3 бали – «Субкомфорт»
1, 5, 5 3, 5, 5 5, 5, 5	5 балів – «Комфорт»

Формула (3) дозволяє прийняти рішення про рівень комфортності за дискретною шкалою комфортності у разі непарної кількості складників. За умови парної кількості потрібні додаткові правила визначення інтегрального рівня комфортності.

Недоліком медіани є її низька точність у порівнянні із середнім арифметичним, що приводить до різних оцінок за умови однакової суми балів, наприклад, рядок *med*(1, 3, 3)=3 відповідає «Субкомфортному» рівню, а рядок *med*(1, 1, 5)=1, відноситься до рівня «Дискомфортний». У результаті,

за малу кількість одиничних показників медіана має низьку точність оцінювання.

Використання шкали з нечіткою лінгвістичною змінною

У разі парної кількості складників медіана може визначатись за півсумою центральних складників, що приводить до проміжних значень рівня комфортності у балах, у той час як висновок подається у трьох вербальних градаціях. Тоді доцільно використовувати шкалу із нечіткою лінгвістичною змінною із трикутними функціями належності (рис. 1).

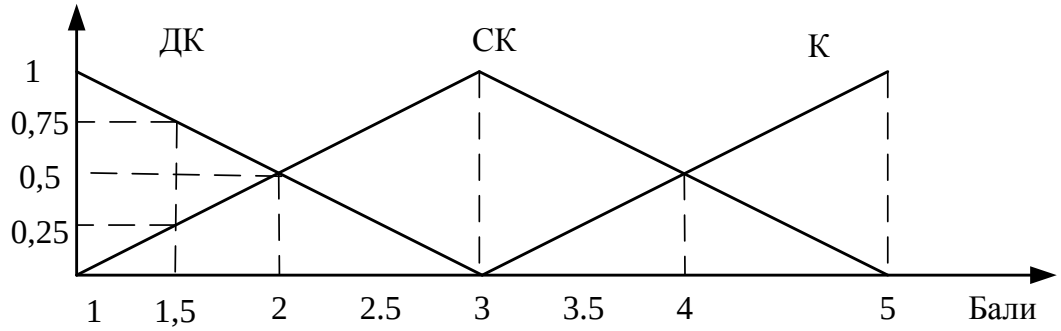

Рис. 1. Шкала із нечіткою лінгвістичною змінною ДК – «Дискомфорт», СК – «Субкомфорт», К – «Комфорт»

Для підвищення точності агрегування зі збереженням відношення порядку запропоновано використати медіану Уолша [2]. У разі застосування медіани Уолша для вибірки оціночних елементів $x_1,...,x_n$ будують $N=\frac{n\cdot(n+1)}{2}$ нових випадкових величин $Y_k=\frac{1}{2}\left(x_m+x_l\right), m\le l$ (їх називають середніми Уолша). А $W=med\left(Y_1,...,Y_N\right)$ − медіана Уолша. Середні Уолша розширюють роздільну здатність, у результаті чого медіана Уолша є більш чутливою, має вищу ефективність у порівнянні із медіаною і тому дозволяє більш точно визначити інтегральний показник.

При використанні медіани Уолша для визначення узагальненого рівня біокліматичної комфортності табл. 2 приймає наступний вигляд табл. 3:

***Таблиця* 3.**

Прийняття рішення про узагальнений рівень
біокліматичної комфортності за медіаною Уолша

Ранжовані оцінки складників	Ранжовані середні Уолша	Медіана Уолша	Інтегральний показник комфортності
1, 1, 1	1, 1, 1, 1, 1, 1	1	Дискомфорт
1, 1, 3	1, 1, 1, 2, 2, 3	1,5	Дискомфорт|0.75, Субкомфорт|0.25

Ранжовані оцінки складників	Ранжовані середні Уолша	Медіана Уолша	Інтегральний показник комфортності
1, 1, 5	1, 1, 1, 3, 3, 5	2	Дискомфорт|0.5, Субкомфорт|0.5
1, 3, 3	1, 2, 2, 3, 3, 3	2,5	Дискомфорт|0.25, Субкомфорт|0.75
1, 3, 5	1, 2, 3, 3, 4, 5	3	Субкомфорт
3, 3, 3	3, 3, 3, 3, 3, 3	3	Субкомфорт
3, 3, 5	3, 3, 3, 4, 4, 5	3,5	Субкомфорт|0.75, Комфорт|0.25
1, 5, 5	1, 3, 3, 5, 5, 5	4	Субкомфорт|0.5, Комфорт|0. 5
3, 5, 5	3, 4, 4, 5, 5, 5	4,5	Субкомфорт|0.25, Комфорт|0.75
5, 5, 5	5, 5, 5, 5, 5, 5	5	Комфорт

Наприклад, для ряду (1, 3, 3) (табл. 2) середні Уолша дорівнюють (1, 2, 2, 3, 3, 3) і медіана Уолша W=2,5, що за шкалою із нечіткою лінгвістичною змінною рис. 1 відповідає рівню «Дискомфорт»|0.25, «Субкомфорт»|0.75.

У результаті для оцінок одиничних показників якості отриманих за табл. 1 було визначено комплексний показник якості за допомогою середнього арифметичного (1), медіани та медіани Уолша. Як бачимо із табл. 4. медіана Уолша дозволяє більш точно визначити узагальнений рівень біокліматичної комфортності з використанням нечіткої лінгвістичної змінної.

Висновки

Ураховуючи ординальність шкал біокліматичної комфортності із метою підвищення точності визначення узагальненого рівня біокліматичної комфортності у роботі запропоновано використання оператора агрегування – медіани середніх Уолша. Для прийняття остаточного рішення за різних сполученнях окремих показників комфортності використано шкалу із нечіткою лінгвістичною змінною.

Список використаної літератури

1. *Андреев С. С.* Оценка климатической комфортности прибрежной территории на примере города Туапсе // С. С. Андреев, Е. С. Потапова / Вестник СПбГУ.– сер.7.– вип. 4.– 2015. – с. 145-150.
2. *Лагутин М. Б.* Наглядная математичная статистика / М. Б. Лагутин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 472 с.