

КЛАСИЧНА МОРФОМЕТРІЯ КРИЛ БДЖОЛИ МЕДОНОСНОЇ (*APIS MELLIFERA* L.) З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛУ DAWINO

В.Ф. ЧЕРЕВАТОВ¹, В.В. БАБЕНКО², О.Є. ГАЛАТЮК³, В.І. ЯРОВЕЦЬ⁴

¹Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Україна, 58012, м. Чернівці, вул. Коцюбинського, 2
e-mail: v.cherevatov@chnu.edu.ua

²Львівський національний університет імені Івана Франка
Україна, 79000, м. Львів, вул. Університетська, 1
e-mail: bww04@ukr.net

³Поліський національний університет
Україна, 10002, м. Житомир, вул. Старий Бульвар, 7
e-mail: olekhalatyuk@gmail.com

⁴Пасічник, пенсіонер,
Україна, 79049, м. Львів, вул. Трільовського 28
e-mail: 1951nadija@gmail.com

Мета праці полягає у виборі оптимального підходу для створення банку морфометричних даних крил бджоли медоносної. На прикладі 10 масивів морфометричних даних крил робочих бджіл та трутнів, проведено аналіз спроможності різних варіантів класифікації за допомогою методу DAWINO. Показано, що скорочений варіант методу DAWINO, з використанням кутів та альтернативного, за допомогою виключно 8 індексів, однаково дієві. Для створення банків уніфікованих морфометричних еталонних даних запропоновано використати 5 традиційних індексів та 4 додаткові, що дозволяє одержувати достовірну інтерпретацію таксономії робочих бджіл і трутнів.

Ключові слова: Класична морфометрія крил бджіл, метод DAWINO, дискримінантний аналіз.

Вступ. Класична морфометрія крил бджоли медоносної *Apis mellifera* L. застосовувалась з метою встановлення породного складу колоній бджіл, починаючи з першої половини XX ст. (Ruttner, 1973). Чеські вчені Науково-дослідного інституту в Долі (Research Institute in Dol, [<https://www.beedol.cz>]), для розвитку такого підходу до вивчення фенотипу крил, запропонували використати 5 індексів, 17 кутів, 6 довжин відрізків та 6 площ сегментів на крилі, з метою більш досконалої класифікації крил, що одержало назву DAWINO (Discriminant Analysis With Numerical Output). Нажаль, сторінка сайту цього інституту [http://beedol.cz/dawino/DAWINO_prosp_EN.pdf], яка донедавна була доступна, на сьогодні не працює. Незважаючи на це, відомі праці, де зроблено детальний опис методу (Bouga et al., 2011) та вказується на важливість його використання поряд з іншими методами з метою встановлення породної приналежності фенотипу бджіл (Meixner et al., 2013). Результати, одержані за допомогою протоколу DAWINO, дозволили здійснити аналіз міжрасової мінливості бджіл для підвидів *A.m. macedonica*, *A.m. ligustica*, *A.m. carnica*, *A.m. caucasica*, *A.m. mellifera* (Uzunov et al., 2009). Однак, є кілька обставин, що заважають ефективно використовувати цей

метод в повному обсязі. Застосування довжин відрізків та площ сегментів вимагає вивчати виключно одновікових бджіл, що є надзвичайно проблематично, особливо, якщо досліджується значна кількість колоній різних регіонів та пасік, а застосування площ сегментів передбачає наявність специфічного технологічного та програмного забезпечення, доступу до якого більшість українських пасічників не мають.

Окремо необхідно звернути увагу на використання у якості ознак класифікації кутів між жилами на крилі. У класичній праці (DuPraw, 1965) запропоновано враховувати 11 кутів поряд з іншими ознаками. Такий підхід був використаний (Ruttner et al., 1978), (Ruttner, 1988, 1992), (Tofilski 2004), а також з певними обмеженнями іншими дослідниками, як наприклад для вивчення бджіл Африки (Diniz-Filho et al., 2000), азійських воскових бджіл (Vinutha R Bhatta, Naresh Kumar A., 2022). Цікавими є висновки, зроблені авторами, стосовно значення кутів у питанні розрізнення крил між підвидами окремих еволюційних гілок (Kauhausen-Keller et al., 1997). Зазначається, що «ключовими персонажами» у гілці C є кути A4, B4, D7, E9 та відстані “A”, “B”, за якими обчислюється значення кубітального індекса C_i. Для розрізнення гілок M і O, найбільш

значущими є, переважно, кути J10, J16, K19, N23, O26. Раніше нами була також зроблена спроба класифікації масиву 2145 крил робочих бджіл з використанням 5-и індексів та 17 кутів. Було встановлено незначний вклад значень кутів на кінцевий результат, що спонукало шукати додаткові ознаки для класифікації, які могли б покращити класифікацію крил бджіл (Yarovets et al., 2022).

Важливі зауваження стосовно використання класичної, стандартної морфометрії крил, висловив А. Tofilski, підкреслюючи можливість використання різних варіантів за кількістю ознак крила, які, як правило, приводять до мало-відмінних між собою результатів класифікації. Крім того, застосування поетапної дискримінантної аналітики, дозволяє зменшувати кількість ознак та залишати лише ті, які вносять суттєвий внесок для дискримінації фенотипів крил (Tofilski, 2008).

Наведена інформація спонукала нас використовувати протокол DAWINO у скороченому варіанті, без врахування довжин відрізків та площ сегментів. Одночасно, було застосовано дещо інший підхід, коли у якості ознак класифікації використовуються виключно індекси, а саме: 5 традиційних - Ci, Pci, Dbi, Disc.sh., Ri та три додаткові - Ci.2, Ci.2.1, Ci.3, у випадку класифікації крил робочих бджіл (Yarovets et al., 2022), або - Ci.3, Ci.2.1, Ci.2.2, у випадку трутнів (Yarovets et al., 2023). Накопичений на сьогодні значний експериментальний матеріал класифікації бджіл різних регіонів України, дозволив провести порівняльний аналіз ефективності скороченого варіанту методу DAWINO, з застосуванням різної кількості та складу ознак, використаних для класифікації крил бджіл і змусив засумніватись у правильності наших попередніх висновків стосовно малої інформативності значень кутів, одержаних з малюнків жилкування крил.

Мета роботи: перевірити ефективність скороченого варіанту методів DAWINO з одного боку, та 8-и індексів з іншого, можливості їх використання в подальших дослідженнях, з метою достовірної класифікації крил бджіл.

Матеріали та методи досліджень. Використано 1054 крил трутнів 11 колоній з однієї пасіки Львівської обл., 2147 крил трутнів 27 колоній з різних пасік Житомирської обл., 1592 крил робочих бджіл 17 колоній з однієї пасіки Полтавської обл., 1726 крил робочих бджіл 18 колоній з однієї пасіки Харківської обл., шість масивів даних - 5131 крил трутнів, та робочих бджіл 69 колоній з різних частин України.

Світлини крил опрацьовані за допомогою програми TpsDig2 [<https://ru.freownloadmanager.org/Windows-PC/tpsDig2.html>].

Класифікація крил проведена для кожного масиву даних окремо за допомогою дискримінантного аналізу даних, та комплексу програм Statistica (Yerina, Yerin, 2014). На початковому етапі встановлювались 26 ознак класифікації крил: п'ять традиційних індексів Ci, Dbi, Disc.sh, Pci, Ri; чотири запропонованих нами Ci.2, Ci.3, Ci.2.1, Ci.2.2 та 17 кутів A1, A4, B3, B4, D7, E9, G7, G18, H12, J10, J16, K19, L13, M17, N23, O26, Q21 згідно протоколу DAWINO. Далі класифікація масивів крил здійснювалась за двома підходами: 1) до 8 стандартних індексів послідовно додавались по одному з 17 кутів. Необхідно відмітити, що при цьому жодна додаткова ознака не покращувала попередній результат класифікації; 2) з 25 ознак (8 індексів та 17 кутів), вибраних на початковому етапі, послідовно вилучались найменш інформативні ознаки або такі, які вносили значний дисбаланс у класифікацію. Для того, щоб не перевантажувати статтю цифровим матеріалом в таблицях наведені результати лише по трьох найбільш поширених індексах. Окремо перевірялись кореляційні зв'язки між ознаками, які залишились у кінцевих варіантах класифікаційних моделей. Встановлено, що парні кореляції між значеннями всіх ознак, знаходяться в межах 0 – 0,3 (рівень $p < 0,05$). Тобто, кореляційні зв'язки між ними є незначними, а це підтверджувало важливість всіх використаних ознак для класифікації даних.

Результати дослідження та обговорення. При використанні першого варіанту класифікації, більшість кутів незначно впливали на результат, тоді як для другого існувало, як правило, кілька різних варіантів класифікації, в залежності від досліджуваних масивів даних з відмінними складами ознак (N індексів, Z кутів), та прийнятними значеннями достовірності (Percent correct $\geq 95\%$).

Так, класифікація 1054 крил трутнів 11 колоній Львівської області здійснена з високою достовірністю, спираючись на 3 кластери для двох варіантів: 1-й варіант - з використанням 8 індексів Ci, Pci, Dbi, Disc.sh., Ri, Ci.2, Ci.2.1, Ci.2.2; 2-й - з використанням 10 ознак: 5 індексів (Ci, Dbi, Disc.sh., Ri, Ci.2.1) та 5 кутів (A1, A4, B3, E9, J10), які залишились після стандартної процедури вилучення з класифікаційної моделі тих ознак, що мали незначну інформаційну складову, або погіршували достовірність результату. (табл.1). Достовірність класифікації склала 94.6% для обох варіантів.

З метою спрощення сприйняття і аналізу даних (табл.1) та усі наступні, таблиці подаються у скороченому вигляді. Порівняння значень індексів та кількості крил у кластерах показує, що для 9 колоній класифікація крил трутнів достатньо подібна за двома варіантами. Однак, для колоній 2.liv.(2023) та 12.(2023) спостерігаються суттєві відмінності.

Класифікація 2147 крил трутнів 27 колоній Житомирської обл., здійснена з високою достовірністю на 4 кластери для двох варіантів: 1-й варіант - з використанням 8 індексів; 2-й – з використанням 12 ознак: 6 індексів (Ci, Dbi, Disc.sh., Ri, Ci.3, Ci.2.1) та 6 кутів (A1, A4, B3, B4, E9, J10), які залишилися після стандартної процедури вилучення з класифікаційної моделі тих ознак, які мали незначну інформаційну складову, або погіршували достовірність результату. Достовірність класифікації для двох варіантів склала 95,6% і 95,5% відповідно. Як приклад, наведено розподіл крил між кластерами для 9 колоній, з 27 вивчених (табл.2). Для інших 18 колоній, дані не наводяться, щоб не загроможувати текст зайвою цифровою інформацією.

Класифікація крил більшості колоній за двома варіантами, враховуючи й колонії, які не відображені у таблиці.2, схожа. Суттєва відмінність спостерігається тільки для однієї Galat.6.(Pol.2022) з 27 досліджених колоній.

Класифікація 1592 крил робочих бджіл 17 колоній Полтавської обл. здійснена з високою достовірністю на 4 кластери для двох варіантів: 1-й варіант- з використанням 8 індексів; 2-й – з використанням 10 ознак: 7 індексів (Ci, Dbi, Disc.sh., Ri, Ci.2, Ci.3, Ci.2.1) та 3 кутів (A4, E9, J10), які залишилися після стандартної процедури вилучення з класифікаційної моделі тих ознак, які мали незначну інформаційну складову або погіршували достовірність результату. Як приклад, наведено розподіл крил між кластерами для 7 колоній з 17 вивчених (табл.3). Достовірність класифікації склала 96,2% і 95,9% відповідно.

Класифікація крил більшості колоній за двома варіантами схожа (табл.3). Суттєва відмінність спостерігається тільки для двох колоній: 76-11.(23) та 30-41.(23).

Класифікація 1726 крил робочих бджіл 18 колоній Харківської обл. здійснена з високою достовірністю на 3 кластери для двох варіантів: 1-й варіант з використанням 8 індексів; 2-й – з використанням 11 ознак: 7 індексів (Ci, Dbi, Disc.sh., Ri, Ci.2, Ci.3, Ci.2.1) та 4 кутів (A1, A4, E9, J10), які залишилися після стандартної процедури вилучення з класифікаційної моделі тих ознак, які мали незначну інформаційну

складову або погіршували достовірність результату. Як приклад, наведено розподіл крил між кластерами для 8 колоній з 18 вивчених (табл.4). Достовірність класифікації склала 95,2% і 95,6% відповідно.

Класифікація крил більшості колоній за двома варіантами схожа (табл.4). Спостерігаються деякі відмінності у кількостях крил, віднесених до певних кластерів для колоній 250.(23), 140.(23), 190.(23), 260.(23), 210.(23), 230.(23). Однак, в цілому характер розподілу між трьома кластерами зберігається, що дає підстави вважати такі відмінності несуттєвими.

Крім наведених чотирьох прикладів, нами опрацьовано ще шість масивів даних: два – для окремих пасік, чотири – для кількох різних пасік невеликих регіонів України. П'ять масивів даних успішно класифіковані за двома варіантами з достовірністю >95%. Однак, один масив, 713 крил робочих бджіл з одної пасіки, не вдалось достовірно класифікувати за 8 індексами. Успішна класифікація його здійснена за допомогою методу DAWINO з використанням 7 індексів: Ci, Dbi, Pci., Ri, Ci.2, Ci.3, Ci.2.2 та 3 кутів: B3, B4, E9. Достовірність класифікації склала 95,2%.

Необхідно звернути увагу на те, що склад ознак використаних індексів та кутів з метою класифікації крил, згідно із скороченим протоколом DAWINO, для різних масивів даних суттєво відрізняються. Тоді, як використання однакового набору 8 індексів у більшості випадків дає надійний достовірний результат класифікації, як у випадку робочих бджіл, так і трутнів.

Підсумовуючи проведений аналіз наведених у роботі результатів класифікації 2-х масивів крил робочих бджіл та 2-х масивів крил трутнів, а також шести масивів даних, результат класифікації яких не включено до тексту, вважаючи це тривіальною інформацією, констатуємо, що використання методу DAWINO (скороченого варіанту), співставимо із надійністю та достовірністю, з методикою класифікації бджіл за 8 індексами. Тільки в одному випадку з десяти класифікація за скороченим методом DAWINO була більш достовірною, ніж класифікація за 8 індексами. Фактично, обидва підходи рівноцінні та гарантують надійний результат.

Необхідно визнати, що попередньо зроблені нами припущення про малу інформативність значень кутів, були передчасними і зумовлювалось аналізом обмеженого, на той час, експериментального матеріалу.

Таблиця 1.

Порівняння розподілу крил трутнів (n=1054) колоній (n=11) Львівської області між кластерами за двома варіантами класифікації

Table 1.

Comparison of the distribution of drone wings (n=1054) of colonies (n=11) of the Lviv region between clusters according to two classification options

According to the classification criteria									
		Ознаки класифікації:			N	Ознаки класифікації:			N
	Клас-	8 індексів*				5 індексів + 5 кутів*			
Бджолині сім'ї	тери	Ci	Dbi	Disc.sh.	крил	Ci	Dbi	Disc.sh.	крил
30.zad.2.(2023)	1	1,899	0,994	1,741	75	1,805	0,972	1,3	54
	2	1,977	0,959	5,262	12	2,072	1,024	4,099	30
	3	1,856	0,873	-0,172	10	1,929	0,895	-0,087	13
5.liv.(2023)	1	1,609	1,006	2,519	57	1,572	0,936	1,861	69
	2	1,737	0,935	3,196	26	1,824	1,034	3,722	31
	3	1,656	0,879	1,008	17	0	0	0	0
2.liv.(2023)	1	1,794	1,023	1,142	27	1,625	0,942	0,023	46
	2	1,976	0,984	2,299	14	2,014	1,017	2,379	25
	3	1,767	0,907	-0,592	58	1,909	0,903	-1,138	28
30.zad.(2023)	1	1,87	0,981	1,803	76	1,721	0,961	1,152	61
	2	1,907	0,954	4,244	15	2,089	0,987	3,959	34
	3	1,56	0,815	-0,894	9	1,766	0,811	-2,442	5
12.(2023)	1	1,462	0,889	1,512	1	1,626	0,839	1,058	31
	2	1,643	0,905	3,29	7	1,944	0,921	4,135	3
	3	1,738	0,798	-1,206	88	1,769	0,786	-2,045	62
5.pr.(2023)	1	1,794	1,012	0,892	15	1,65	0,936	0,894	13
	2	2,012	0,986	2,389	56	2,071	1,013	2,602	52
	3	1,898	0,906	-0,616	21	1,863	0,912	-0,47	27
21.zad.(2023)	1	1,982	1,024	1,963	35	1,771	0,91	1,388	22
	2	2,049	1,019	4,7	50	2,076	1,038	4,225	68
	3	1,884	0,836	0,909	10	2,101	0,902	-1,001	5
30.zad.3.(2023)	1	1,824	0,996	1,603	66	1,703	0,952	1,172	56
	2	1,976	0,956	4,216	14	2,075	1,033	4,025	28
	3	1,814	0,838	-1,229	20	1,929	0,849	-2,382	16
Buckf.2.(2023)	1	1,866	1,012	-0,109	11	1,599	0,927	-0,259	13
	2	1,916	0,961	2,751	11	2,103	1,01	1,599	16
	3	1,838	0,895	-2,059	65	1,839	0,891	-2,19	58
Buckf.2.2.(23)	1	1,862	1,01	1,068	12	1,679	0,917	0,604	13
	2	1,962	0,983	2,659	4	2,034	0,994	2,098	12
	3	1,885	0,888	-1,42	81	1,897	0,89	-1,73	72
13.(2023)	1	2,219	1	1,948	8	1,76	0,884	0,245	11
	2	1,983	0,96	5,129	12	2,085	0,974	4,333	19
	3	1,994	0,868	-1,663	71	2,035	0,868	-2,066	61
				Разом	1054			Разом	1054

Примітка: * - наведено значення тільки трьох індексів, інші не наведено.

Note: * - values of only three indexes are given, others are not given.

Таблиця 2.

Порівняння розподілу крил трутнів (n=829) колоній (n=9) Житомирської області між кластерами за двома варіантами класифікації

Table 2.

Comparison of the distribution of drone wings (n=829) of colonies (n=9) of Zhytomyr region between clusters according to two classification options

Бджолині сім'ї	Клас-тери	Ознаки класифікації: 8 індексів*			N крил	Ознаки класифікації: 6 індексів + 6 кутів*			N крил
		Ci	Dbi	Disc.sh		Ci	Dbi	Disc.sh	
Tarn.487.F1.(21)	1	1,324	0,945	0,584	11	1,203	0,91	-0,172	4
	2	1,151	0,744	-5,124	7	1,137	0,772	-5,133	10
	3	1,229	0,868	0,053	10	1,259	0,882	0,094	20
	4	1,096	0,825	-1,955	36	1,1	0,833	-1,639	30
Str.110.(2022)	1	1,778	1,06	0,878	3	1,713	1,078	1,939	2
	2	1,137	0,686	-8,751	73	1,137	0,688	-8,725	74
	3	0	0	0	0	1,908	1,022	-1,243	1
	4	1,146	0,855	-6,877	1	0	0	0	0
Galat.6.(Pol.2022)	1	1,908	0,924	-3,029	3	0	0	0	0
	2	1,249	0,719	-7,683	8	1,206	0,762	-6,673	42
	3	2,482	0,835	-4,494	1	2,287	0,819	-3,324	2
	4	1,307	0,811	-5,023	88	1,392	0,842	-4,11	56
Galat.15-1.2.(22)	1	1,304	1,032	-0,618	9	1,654	1,01	0,309	1
	2	1,274	0,748	-6,6	3	1,235	0,811	-5,392	27
	3	1,228	0,909	-2,695	13	1,364	0,912	-2,064	14
	4	1,245	0,872	-3,828	75	1,22	0,915	-2,988	58
Str.42.(2022)	1	1,328	0,913	-0,321	1	1,647	0,896	-1,137	2
	2	1,092	0,713	-6,786	58	1,101	0,716	-7,253	54
	3	1,447	0,823	-4,589	5	1,383	0,811	-3,546	6
	4	1,328	0,834	-4,707	36	1,28	0,819	-4,503	38
Str.141.(2022)	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1,165	0,677	-6,86	99	1,165	0,676	-6,897	98
	3	1,677	0,731	-3,382	1	1,677	0,731	-3,382	1
	4	0	0	0	0	1,147	0,75	-3,234	1
Krivch.14.pr.(21)	1	1,429	0,909	2,557	14	1,423	0,857	2,445	20
	2	1,135	0,71	-3,798	2	1,059	0,747	-5,947	2
	3	1,399	0,84	-0,301	72	1,416	0,847	-0,311	60
	4	1,226	0,849	-2,869	12	1,231	0,855	-2,57	18
Galat.1.(2022)	1	1,911	0,926	2,261	21	1,914	0,915	2,386	15
	2	1,879	0,722	-1,587	1	0	0	0	0
	3	1,728	0,892	-0,005	63	1,746	0,895	0,115	70
	4	1,36	0,845	-1,985	3	1,347	0,855	-1,401	3
Galat.(IO.2022)	1	1,971	0,886	2,503	99	1,969	0,885	2,518	99
	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1,383	0,853	1,18	1	1,652	0,862	-0,309	1
				Разом	829			Разом	829

Таблиця 3.
Порівняння розподілу крил (n=693) колоній (n=7) Полтавської області між кластерами за двома варіантами класифікації

Table 3.
Comparison of wing distribution (n=693) of colonies (n=7) of Poltava region between clusters according to two classification options

Бджолині сім'ї	Клас-тери	Ознаки класифікації: 8 індексів*			N крил	Ознаки класифікації: 7 індексів + 3 кути*			N крил
		Ci	Dbi	Disc.sh.		Ci	Dbi	Disc.sh.	
129-41.(23)	1	2,227	0,87	2	22	2,131	0,893	2,617	13
	2	2,03	0,931	3,358	23	2,091	0,936	3,113	35
	3	2,297	1,005	5,208	8	2,306	1	5,634	6
	4	2,034	0,853	0,663	47	2,064	0,833	0,375	46
76-11.(23)	1	2,392	0,917	0,701	18	2,194	0,929	1,497	12
	2	1,963	0,916	2,228	19	2,383	0,959	2,852	48
	3	2,55	1,038	4,36	10	2,381	1,018	5,458	4
	4	2,292	0,911	1,667	53	2,142	0,87	0,282	36
56-11.(23)	1	2,097	0,919	1,836	20	1,984	0,908	3,738	28
	2	1,891	0,899	4,434	36	1,905	0,943	3,545	30
	3	2,102	1,019	4,716	5	2,048	0,932	6,207	5
	4	1,922	0,913	1,63	39	1,961	0,895	1,12	37
11.(23)	1	1,833	0,868	0,565	7	1,702	0,909	2,732	12
	2	1,721	0,916	4,127	48	1,761	0,918	4,157	34
	3	2,001	1,018	6,567	5	1,922	0,999	6,288	11
	4	1,727	0,862	1,667	33	1,694	0,846	1,295	36
133-11.(23)	1	2,35	0,915	1,984	23	2,497	0,925	2,992	21
	2	2,002	0,953	4,913	10	2,085	0,988	4,215	10
	3	2,488	1,025	6,115	59	2,439	1,022	6,124	59
	4	2,083	0,935	1,694	8	2,035	0,891	0,28	10
46-11.(23)	1	2,055	0,879	2,501	14	1,903	0,88	3,145	26
	2	1,862	0,922	3,713	44	2,024	0,942	3,537	34
	3	2,122	1,032	5,889	25	2,037	1,02	5,784	29
	4	2,164	0,904	1,965	17	2,105	0,869	0,839	11
41.(23)	1	2,383	0,87	1,99	58	2,337	0,89	3,427	39
	2	2,016	0,891	4,661	21	2,286	0,92	3,712	22
	3	2,464	0,963	5,15	7	2,117	0,931	7,38	4
	4	2,269	0,886	2,06	14	2,277	0,848	0,952	35
				Разом	693			Разом	693

Таблиця 4.

Порівняння розподілу крил ($n=748$) колоній ($n=8$) Харківської області між кластерами за двома варіантами класифікації

Table 4.

Comparison of wing distribution ($n=748$) of colonies ($n=8$) of Kharkiv region between clusters according to two classification options

		Ознаки класифікації:			N крил	Ознаки класифікації:			N крил
	Клас- тери	8 індексів*				7 індексів + 4 кути*			
Бджолині сім'ї		Ci	Dbi	Disc.sh.		Ci	Dbi	Disc.sh.	
250.(23)	1	2,481	0,91	3,273	31	2,447	0,931	3,079	20
	2	2,504	1,009	5,271	38	2,483	1,022	5,757	33
	3	2,121	0,944	2,636	10	2,4	0,91	2,944	26
200.(23)	1	2,31	0,911	2,743	29	2,249	0,919	2,647	26
	2	2,587	1,047	5,991	33	2,636	1,042	5,958	34
	3	2,395	0,967	2,789	7	2,338	0,933	2,82	9
240.(23)	1	2,303	0,931	1,911	36	2,244	0,95	2,207	34
	2	2,409	1,046	5,075	44	2,432	1,045	5,299	40
	3	2,333	0,977	3,052	20	2,384	0,96	2,544	26
160.(23)	1	2,483	0,905	2,395	39	2,433	0,914	2,552	35
	2	2,629	0,998	5,761	41	2,58	1,004	5,714	39
	3	2,414	0,94	2,553	20	2,58	0,916	2,635	26
290.(23)	1	2,215	0,954	2,479	50	2,166	0,977	2,492	51
	2	2,375	1,054	4,262	31	2,399	1,054	4,356	25
	3	2,112	0,987	1,012	19	2,253	0,956	1,638	24
120.(23)	1	2,45	0,954	3,029	26	2,37	0,961	2,964	19
	2	2,399	1,064	5,761	59	2,407	1,06	5,709	61
	3	2,391	0,998	3,503	15	2,464	0,98	3,334	20
140.(23)	1	2,139	0,968	2,503	39	2,102	0,976	2,578	43
	2	2,248	1,064	4,89	42	2,275	1,067	5,022	38
	3	2,117	0,977	2,023	19	2,171	0,974	2,092	19
190.(23)	1	2,159	0,9	3,295	58	2,135	0,907	3,28	44
	2	2,514	1,03	5,805	31	2,475	1,015	5,752	35
	3	2,138	0,935	3,406	11	2,194	0,905	2,996	21
				Разом	748			Разом	748

Складність полягає у подальшому використанні одержаних даних класифікації з метою коректного порівняння фенотипів крил з різних пасік, або регіонів. З цієї точки зору, використання набору з 8 індексів має перевагу, тому, що дозволяє створювати достатньо компактні банки еталонних даних індексів. На думку авторів, такі банки повинні задовольняти певні вимоги - містити мінімальну кількість ознак, яких було б достатньо для достовірної класифікації крил бджіл; ознаки повинні бути уніфіковані; ознаки повинні встановлюватись

без технологічних складностей. Використання подібних банків еталонних даних є запорукою надійної ідентифікації породного складу бджіл за фенотипом крил.

Висновок. Отриманні результати свідчать, що для створення компактних банків еталонних даних індексів крил робочих бджіл та трутнів, для достовірної інтерпретації породного складу бджоли медоносної, достатньо використовувати набір із 8 індексів.

Список літератури / References:

1. Bouga M, Alaux C, Bienkowska M, Büchler R, Carreck NL, Cauia E, Chlebo R, Dahle B, Dall'Olio R, De la Rúa P, Gregorc A, Ivanova E, Kence A, Kence M, Kezic N, Kiprijanovska H, Kozmus P, Kryger P, Le Conte Y, Lodesani M, Murilhas AM, Siceanu A, Soland G, Uzunov G & Wilde J. A review of methods for discrimination of honey bee populations as applied to European beekeeping. *Journal of Apicultural Research*. 2011; 50(1): 51-84. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.50.1.06>
2. Diniz-Filho JAF, Hepburn HR, Radloff S, Fuchs S. Spatial analysis of morphometrical variation in African honeybees (*Apis mellifera* L.) on a continental scale. *Apidologie*. 2000; 31(2): 191-204. <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2000116>
3. DuPraw EJ. The Recognition and Handling of Honeybee Specimens in Non-Linnean Taxonomy. *Journ. Apicultural Research*. 1965; 4(2): 71-84. <https://doi.org/10.1080/00218839.1965.11100107>
4. Kauhausen-Keller D, Ruttner F, Keller R. Morphometric studies on the microtaxonomy of the species *Apis mellifera* L. *Apidologie*. 1997; 28(5): 295-307. <https://doi.org/10.1051/apido:19970506>
5. Meixner MD, Pinto MA, Bouga M, Kryger P, Ivanova E, Fuchs S. Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera*. *J. Apic. Res.* 2013; 52(4): 1-28. <https://doi.org/10.3896/ibra.1.52.4.05>
6. Ruttner F. Zuchttechnik und Zuchtauslese bei der Biene: Anleitungen zur Aufzucht von Königinnen und zur Kör- und Belegstellenpraxis. Ehrenwirth Verlag; 1973. 138 p.
7. Ruttner F. Biogeography and taxonomy of honeybees. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; 1988. 284 p.
8. Ruttner F. Naturgeschichte der Honigbienen. Ehrenwirth, München; 1992. 357 p.
9. Ruttner F, Tassencourt L, Louveaux J. Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis Mellifera* L. I. Material and Methods. *Apidologie*. 1978; 9(4): 363-381. <http://dx.doi.org/10.1051/apido:19780408>
10. Tofilski A. DrawWing, a program for numerical description of insect wings. *Journal of Insect Science*. 2004; 4 (1): 17, 1-5. <http://dx.doi.org/10.1673/031.004.1701>
11. Tofilski A. Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminate three honeybee subspecies. *Apidologie*. 2008; 39: 558-563. <http://10.1051/apido:2008037>
12. TpsDig. URL: <https://ru.freownloadmanager.org/Windows-PC/tpsDig2.html>
13. Uzunov A, Kiprijanovska H, Andonov S, Naumovski M, Gregorc A. Morphological diversity and racial determination of the honey bee (*Apis mellifera* L.) population in the Republic of Macedonia. *Journal of Apicultural Research and Bee World*. 2009; 48(3): 196-203. <http://dx.doi.org/10.3896/IBRA.1.48.3.08>
14. Vinutha R Bhatta, Naresh Kumar A. Morphometric Characters of *Apis cerana indica* Worker Bees under Urban, Rural and Wild Habitats. *Applied Ecology and Environmental Sciences*. 2022; 10(10): 614-621. <http://doi.org/10.12691/aees-10-10-3>
15. Yarovets VI, Babenko VV, Halatiuk Ole, Cherevatov OV, Syrotyak IYa. Morphometry of the wings of drones of the Carpathian region (Strytsky district, Skoliv community). [Morfometriia kryl trutniv Karpatskoho rehionu (Strytskyi raion, Skolivska hromada)]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy*. 2023; 1(10): 95-106. (in Ukrainian) <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.10.12>
16. Yarovets VI, Babenko VV, Halatiuk Ole. Morphometry of bee wings according to eight signs (indexes): Ci, Dbi, Disc.sh, Pci, Ri, Ci.2, Ci.2.1, Ci.3. [Morfometriia kryl bdzhil za vismoma oznakamy (indeksamy) : Ci, Dbi, Disc.sh, Pci, Ri, Ci.2, Ci.2.1, Ci.3.]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy*. 2022; 1(8): 65-71. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.8.10>
17. Yerina AM, Yerin DL. Statistical modeling and forecasting. [Statystychne modeliuvannia ta prohnouzuvannia]. Kyiv: KNEU; 2014. 348 p. (in Ukrainian)

CLASSICAL MORPHOMETRY OF BEE WINGS USING THE DAWINO PROTOCOL

V.F. Cherevatov¹, V.V. Babenko², O.Ie. Galatyuk³, V.I. Yarovets⁴

¹*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
Ukraine, 58012, Chernivtsi, Kotsiubynsky 2 Str.
e-mail: v.cherevatov@chnu.edu.ua*

²*Ivan Franko National University of Lviv
1, Universytetska St., Lviv, 79000, Ukraine*

³*Polis National University 10002, Ukraine
Old Boulevard, 7, Zhytomyr
e-mail: olekhalatyuk@gmail.com*

⁴*Lviv, Beekeeper
79049, Trilivskogo 28/80, Lviv, Ukraine
e-mail: 1951nadija@gmail.com*

The aim of the work is to choose the optimal approach for creating a bank of morphometric data for honeybee wings. Using 10 arrays of morphometric data from the wings of worker bees and drones, an analysis of the capabilities of different classification options was conducted using the DAWINO method. It has been demonstrated that the abbreviated version of the DAWINO method, utilizing angles and an alternative approach, using only 8 indices, is equally effective. To create banks of standardized morphometric reference data, it is proposed to use 5 traditional indices and 4 additional ones, allowing for a reliable interpretation of the taxonomy of worker bees and drones.

Keywords: Classical morphometry of bee wings, DAWINO method, discriminant analysis.

Отримано редколегією 04.09.2023 р.