



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128459** (13) **U**
(51) МПК
G01N 33/18 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 11404	(72) Винахідник(и): Воліков Юрій Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 21.11.2017	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, просп. Героїв Сталінграда, 12, м. Київ, 04210 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.09.2018	(74) Представник: Сазонов Володимир Вікторович, реєстр. №183
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.09.2018, Бюл.№ 18	

(54) СПОСІБ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ СХОЖОСТІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

(57) Реферат:

Спосіб оцінки екологічного стану водойм включає порівняння у просторі і часі угруповань гідробіонтів різних ділянок та окремих акваторій водних об'єктів. За допомогою приладів відбору проб (дночерпалки, обновлюваного сачка, батометра), отримують фактичні дані відносно параметрів угруповань, спочатку з непорушених, потім з потенційно забруднених ділянок водного об'єкта: видовий склад, для якісного порівняння, кількісні дані, що перераховуються на площу поверхні (м²) або на площу об'єму (м³), відповідно для кількісного порівняння, для визначення динаміки порушень, що відбуваються у структурі угруповань, проводять повторювальні відбори проб, співставлення отриманих значень здійснюється за допомогою комплексного використання коефіцієнтів схожості, кожний з яких ідентифікується як "ранг" схожості, коефіцієнти працюють у послідовності підвищення їх чутливості до різниці у розмірах видових списків та кількості спільних видів, послідовний перехід порогу 50 %-го значення вважається умовою для наступного включення в роботу шкали кожного із ряду, задіяних у програмі коефіцієнтів ("рангів").

UA 128459 U

Корисна модель належить до гідроекології, а саме до способів виявлення ступеня антропогенної дії на водойми за допомогою виявлення порушень у структурі угруповань гідробіонтів, що населяють ці водойми.

Відомий спосіб визначення екологічного стану об'єктів поверхневих вод [Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення/EU Water Framework Directive 2000/60/ЄС. Definitions of Main Terms. Київ. 2006. 240 с] (1), в якому екологічний стан об'єктів поверхневих вод визначається відхиленням значень біологічних елементів якості для водного об'єкта, що вивчається, від значень, характерних для об'єкта в непорушених умовах. Серед показників для виявлення відхилення від „норми” особливе місце займають коефіцієнти схожості. Їх використовують для порівняння у просторі і часі тваринних угруповань і рослинних асоціацій різних ділянок та окремих акваторій водних об'єктів з метою визначення ознак порушень їх структури як наслідок впливу забруднюючих факторів.

Недоліком відомого способу є проблема вибору коефіцієнта схожості. Вже на початок 70-х років минулого сторіччя у своєму огляді Д. Гудол [Goodall D.W. Sample similarity and species correlation. - In: Handbook of vegetation science. Pt. V. Ordination and classification of communities. The Hague, 1973a, p. 105-156.] (2) перераховує біля 40 найбільш поширених з них.

Проблема полягає у тому, що різні коефіцієнти по-різному оцінюють схожість об'єктів. Причина цьому відсутність фіксованої, приведеної до загального „стандарту” шкали значень показника схожості для коефіцієнтів, які застосовують.

У ряді робіт проводяться спроби оцінити, які з них „завищують” або які „знижують” значення показника схожості між угрупованнями, і яким треба віддати перевагу.

Разом з тим, автор часто цитованої монографії [Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. - 287 с], (3) провівши детальний математичний аналіз семи основних коефіцієнтів схожості, прийшов до висновку, що всі вони мають логічний і функціональний зв'язок один з одним і враховуючи ясний внутрішній зміст та можливість чіткої інтерпретації значень, слід визнати всі ці індекси цілком законними та змістовними, а для більш повного аналізу взаємозв'язків між об'єктами автор рекомендує проводити їх порівняння з використанням різних коефіцієнтів схожості.

В основу корисної моделі поставлена задача, яка полягає в уніфікації процедури оцінки показника схожості угруповань гідробіонтів та підвищенні точності визначення порушень у їх структурі, викликаних дією антропогенних чинників на водойми.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб оцінки екологічного стану водойм, що включає порівняння у просторі і часі угруповань гідробіонтів різних ділянок та окремих акваторій водних об'єктів, згідно з корисною моделлю, за допомогою приладів відбору проб (дночерпалки, обновлюваного сачка, батометра), отримують фактичні дані відносно параметрів угруповань, спочатку з непорушених, потім з потенційно забруднених ділянок водного об'єкта: видовий склад, для якісного порівняння, кількісні дані, що перераховують на площу поверхні (m^2), або на площу об'єму (m^3), відповідно для кількісного порівняння, для визначення динаміки порушень, що відбуваються у структурі угруповань, проводять повторювальні відбори проб, співставлення отриманих значень здійснюють за допомогою комплексного використання коефіцієнтів схожості, кожний з яких ідентифікується як „ранг” схожості, коефіцієнти працюють у послідовності підвищення їх чутливості до різниці у розмірах видових списків та кількості спільних видів, послідовний перехід порогу 50 %-го значення вважається умовою для наступного включення в роботу шкали кожного із ряду, задіяних у програмі коефіцієнтів („рангів”). Створений алгоритм реалізують за допомогою програмного додатку «Excel».

Окрім того, що всі основні коефіцієнти схожості логічно та функціонально пов'язані один з іншим, вони мають також різні властивості, що виходять з аналізу залежності їх значень від двох основних причин.

Перша - це вплив на значення коефіцієнтів різниці у кількості видів, які складають кожне із угруповань. Друга - залежність значень від кількості спільних видів, які присутні в обох угрупованнях одночасно.

У вищезгадуваній монографії представлені графічні залежності найбільш поширених коефіцієнтів схожості від величин відносної різниці у кількості видів і відносного числа спільних видів у фауністичних списках які порівнюються (фіг. 1 і 2).

Згідно з представленими даними тільки індекс Чекановського-Сьоренсена [Czekanowski J., 1909] має лінійний зв'язок з двома цими показниками. Одночасно робиться висновок, що оскільки повні видові склади досліджуваних об'єктів зазвичай невідомі і про зв'язок показника схожості з різницею у кількості знайдених видів важко робити обґрунтовані припущення, тому його пропонується вважати лінійним як найбільш простий.

Однак, крім найбільш простого підходу, автор вважає прийнятним і альтернативний, коли перевагу слід віддавати нелінійному зв'язку. Наприклад, при високому рівні схожості групи, яка аналізується, для більш точного з'ясування їх взаємовідносин необхідний коефіцієнт із підвищеною чутливістю до незначних змін показника схожості в області його найбільших значень. Виходячи з характеру представлених залежностей таким вимогам відповідає індекс Сокела-Сніта [Sokal R.R., Sneath P.H., 1963] і в декілька меншій мірі коефіцієнт Жаккара [Jaccard P., 1901] (рис. 1).

На наш погляд рівною мірою має сенс застосування коефіцієнтів з малою чутливістю до різниці у розмірах видових списків. Цей висновок впливає із самої специфіки гідробіологічних досліджень. Невизначеність як відібраного матеріалу часто буває наслідком слабкоконтрольованих факторів - швидкості течії, типу донних відкладів, особливостей конструкції пробовідбірників і т.д. Сам забір проб переважно виконується наосліп.

У цьому випадку стає доцільним використання коефіцієнтів схожості, які не чутливі або в певною мірою „ігнорують” різницю в розмірі видових списків та роблять акцент на кількості спільних видів. Як впливає із представлених залежностей таким вимогам відповідає коефіцієнт Охiai-Баркмана [Ochiai A., 1957] і в ще більшій мірі коефіцієнт Кульчинського [Kulszynski S., 1927].

Разом з тим цілком логічним є твердження, що значимою мірою, яка дозволяє розрізнити окремі угруповання, є 50 %-ий і вищі рівні схожості тому, що при меншому значенні відмінність таксономічного складу буде більшою, ніж спільність. [Алимов А.Ф., Финогенова Н.П. Методы расчета продукции // Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах. Зообентос и его продукция. - Л., 1984. - С. 9-25.] (4).

Приймаючи до уваги функціональний зв'язок коефіцієнтів, нами пропонується задіяти весь спектр їх властивостей, визначивши кожний з них як „ранг” схожості. Для цього коефіцієнти повинні працювати разом і одночасно. Згідно з алгоритмом, який пропонується, послідовне досягнення 50 %-го значення кожного із задіяних коефіцієнтів вважається умовою переходу від нижчого „рангу” (коефіцієнта) до більш високого. У такому випадку наступний „ранг” пред'являтиме уже більш жорсткі вимоги до показника схожості. Умовою переходу до вищого «рангу» буде не тільки більша кількість спільних видів, але і менша різниця у розмірах видових списків угруповань, які порівнюються.

Виходячи з алгоритму, «ранг 5» присвоюється значенню коефіцієнта Сокела-Сніта, якщо воно рівне або перевищує 50 %-й поріг, відповідно «ранг 4» після проходження 50 % відмітки для індексу Жаккара, «3» - для Чекановського-Сьоренсена, «2» - для Охiai-Баркмана, «1» - для індексу Кульчинського і «0» - якщо значення індексу Кульчинського менше 50 % або схожість відсутня повністю.

Нижче наведено приклад реалізації нового способу. Алгоритм методу був упроваджений в комп'ютерній програмі «StatVo» [Воліков Ю.М. Свідцтво про реєстрацію авторського права на Твір наукового характеру «Програма StatVo» № 59402 (дата реєстрації 22.04.2015)] (5).

Приклад. Для демонстрації способу в табл. 1 представлені якісні та кількісні дані по видовому складу донних макробезхребетних окремих досліджених ділянок придунайського озера-лиману Ялпуг. Станції №№ 1, 2, 3 представляють північну частину водойми, донні відклади якої сформовані рідкими чорними мулами, південні біотопи (станцій №№ 5, 6, 7) представлені в основному замуленим піском з залишками мушлів молюсків. Проби станції № 4 відібрані з центральної частини озера представленої сірими глинистими мулами.

Таблица 1

Дані по якісних і кількісних характеристиках організмів макрозообентосу окремих ділянок озера-лиману Ялпуг.

	1	2	3	4	5	6	7
1. <i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas)	-	-	-	-	11400	11300	7400
2. <i>Bithynia tentaculata</i> (Linne)	-	-	-	-	9600	7500	3900
3. <i>Chironomus plumosus</i> Linne	200	500	100	-	-	-	-
4. <i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer	-	100	-	100	200	-	-

Продовження таблиці 1

	1	2	3	4	5	6	7
5. <i>Limnodrilus</i> sp.	500	500	100	-	-	1900	1000
6. <i>Hypania invalida</i> (Grube)	-	-	-	-	2400	2200	1200
7. <i>L. udekemianus</i> Claparede	-	-	-	-	700	2300	-
8. <i>Limnodrilus</i> sp.	100	600	200		900	2300	600
9. <i>Cloeon dipterum</i> L.	-	-	-	-	1800	-	-
10. <i>Tubifex tubifex</i> (Muller)	300	-	100	100	200	-	-
11. <i>Pterocuma pectinata</i> Sowinskyi	-	-	-	-	-	100	300
12. <i>Dikergammarus villosus</i> (Sowinskyi)	-	-	-	-	1100	-	800
13. <i>D. haemobaphes</i> (Eichwald)	-	-	-	-	1000	2300	1000
14. <i>Pontogammarus crassus</i> (Sars)	-	-	-	-	-	2100	700

5 Нижче у вигляді вторинних матриць типу М×М представлені результати порівняльного аналізу видових складів донних безхребетних досліджених ділянок, проведеного з використанням двох найпоширеніших у практиці гідробіологічних досліджень коефіцієнтів Жаккара та Чекановського-Сьоренсена (табл. 2 і 3).

Табл. 2.

Матриця значень схожості видових складів угруповань макрзообентосу отримана за якісними ознаками (присутність-відсутність виду) досліджених станцій по коефіцієнту Жаккара.

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	60	100	20	17	18	18
2	60	1	60	20	17	18	18
3	100	60	1	20	17	18	18
4	20	20	20	1	20	0	0
5	17	17	17	20	1	46	46
6	18	18	18	0	46	1	80
7	18	18	18	0	46	80	1

Табл. 3.

Матриця значень схожості видових складів угруповань макрозообентосу за якісними ознаками (присутність-відсутність виду) досліджених станцій по коефіцієнту Чекановського-Сьоренсена.

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	75	100	33	29	31	31
2	75	1	75	33	29	31	31
3	100	75	1	33	29	31	31
4	33	33	33	1	33	0	0
5	29	29	29	33	1	63	63
6	31	31	31	0	63	1	89
7	31	31	31	0	63	89	1

Примітка: сірим кольором виділені значення, які рівні або перевищують рівень 50 % показника схожості, чорним - 75 %.

Аналізуючи отримані дані, тією чи іншою мірою можливо прийти до висновку про присутність на досліджених ділянках двох угруповань макрозообентосу. Однак, якщо більш, ніж 50 % схожість видового складу на станціях №№ 1, 2, 3 підтверджується значеннями обох задіяних коефіцієнтів, то у відношенні станції № 6 результати оцінок схожості не дозволяють робити однозначні висновки, оскільки порівняння отриманих матриць свідчить про значимі розходження величин використаних коефіцієнтів.

У нашому методі використаний „поступальний” алгоритм, згідно з яким, досягнення певного 50 % порогу є умовою включення в роботу шкали наступного, задіяного в програмі коефіцієнта схожості у послідовності, представлений на фіг. 1.

Відповідно цифра «5» з'являється у клітинці матриці тільки, коли значення коефіцієнта Сокала-Сніта рівне або перевищує 50 %, цифра «4» після перетину 50 % позначки для індексу Жаккара, далі «3» - для Чекановського-Сьоренсена, «2» - Для Охіяі-Баркмана, «1» - для Кульчинського, «0» - якщо значення індексу Кульчинського менше 50 % або схожість відсутня повністю.

В таблиці 4 представлені результати комплексної оцінки показника схожості з використанням пропонованого алгоритму.

Табл. 4.

Матриця значень схожості видового складу досліджених ділянок отриманих згідно створеного алгоритму.

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	4	5	0	0	0	0
2	4	1	4	0	0	0	0
3	5	4	1	0	0	0	0
4	0	0	0	1	1	0	0
5	0	0	0	1	1	3	3
6	0	0	0	0	3	1	5
7	0	0	0	0	3	5	1

Табл. 5.

Формат «рангів» схожості та послідовність їх включення згідно з пропонованим алгоритмом.

5	- Якщо значення коефіцієнту а Сокела-Сніта більше або рівне 50 %
4	- Якщо значення коефіцієнту а Жаккара більше або рівне 50 %
3	- Якщо значення коефіцієнту Чекановського-Сьоренсена більше або рівне 50 %
2	- Якщо значення коефіцієнту Охiai-Баркмана більше або рівне 50 %
1	- Якщо значення коефіцієнту Кульчинського більше або рівне 50 %
0	- Якщо значення коефіцієнту Кульчинського нижче 50 %

У представленому вигляді матриця схожості постає більш інформативною. Очевидними стають висновки про присутність не тільки двох уже сформованих, але і про існування угруповання макрзообентосу з перехідними характеристиками (станц. № 5).

Порівнюючи ці станції у різні періоди часу або аналізуючи наслідки впливу певного негативного чинника на різній відстані від нього стає можливим більш детально відслідковувати зміни у структурі угруповань гідробіонтів і робити об'єктивні висновки щодо їх виникнення.

Поряд з цим вибір коефіцієнта схожості є також одним із найважливіших етапів кластерного аналізу. Оскільки абсолютна більшість методів кластеризації ґрунтується на аналізі квадратної, симетричної відносно головної діагоналі матриці М×М коефіцієнтів, різниця у їх виборі суттєво впливає на результуючу картину взаємозв'язків між об'єктами.

Основні коефіцієнти схожості легко трансформуються на випадок використання кількісних даних (табл. 6). Властивості і поведінка їх при різних умовах, зберігаються такими як і у випадку використання якісних даних.

Формули використаних коефіцієнтів схожості та їх розширень у кількісному варіанті.

Коефіцієнти схожості для якісних даних	Форми розширення коефіцієнтів схожості за чисельністю угруповань	Форми розширення коефіцієнтів схожості за структурою угруповань
$I_{CS} = \frac{2a}{(b+c)}$	$I_{CS} = \frac{2 \sum_i \min(n_{ij}, n_{ik})}{\sum_i n_{ij} + \sum_i n_{ik}}$	$I_K = \sum_i \min(p_{ij}, p_{ik})$
$I_K = \frac{a}{2} \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right)$	$I_K = \frac{\sum_i \min(n_{ij}, n_{ik})}{2} \left(\frac{1}{\sum_i n_{ij}} + \frac{1}{\sum_i n_{ik}} \right)$	$I_K = \sum_i \min(p_{ij}, p_{ik})$
$I_{OB} = \frac{a}{\sqrt{bc}}$	$I_{OB} = \frac{\sum_i \min(n_{ij}, n_{ik})}{\sqrt{\left(\sum_i n_{ij} \cdot \sum_i n_{ik} \right)}}$	$I_{OB} = \sum_i \min(p_{ij}, p_{ik})$
$I_J = \frac{a}{b+c-a}$	$I_J = \frac{\sum_i \min(n_{ij}, n_{ik})}{\sum_i \max(n_{ij}, n_{ik})}$	$I_J = \frac{\sum_i \min(p_{ij}, p_{ik})}{\sum_i \max(p_{ij}, p_{ik})}$
$I_{SS} = \frac{a}{2(b+c-a)-a}$	$I_{SS} = \frac{\sum_i \min(n_{ij}, n_{ik})}{2 \sum_i \max(n_{ij}, n_{ik}) - \sum_i \min(n_{ij}, n_{ik})}$	$I_{SS} = \frac{\sum_i \min(p_{ij}, p_{ik})}{2 \sum_i \max(p_{ij}, p_{ik}) - \sum_i \min(p_{ij}, p_{ik})}$

Запропонований комплексний підхід до застосування коефіцієнтів схожості у порівняльному аналізі дозволить уніфікувати їх використання і підвищить точність визначення порушень у їх структурі. Дасть можливість більш детального відстеження порушень у структурі угруповань гідробіонтів та сприятиме обґрунтованим висновкам щодо їх виникнення. Даний спосіб обмежить застосування в наукових працях того чи іншого „зручного” коефіцієнта схожості. Дозволить підійти до вирішення проблеми вибору міри схожості, як одного із найважливіших етапів виконання процедури кластерного аналізу. Створений алгоритм розширить можливості застосування більш складних показників схожості на основі використання ще не до кінця розкритих їх властивостей, що, в цілому, зробить більш ефективним визначення екологічного стану водойм, які зазнають антропогенної дії.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15

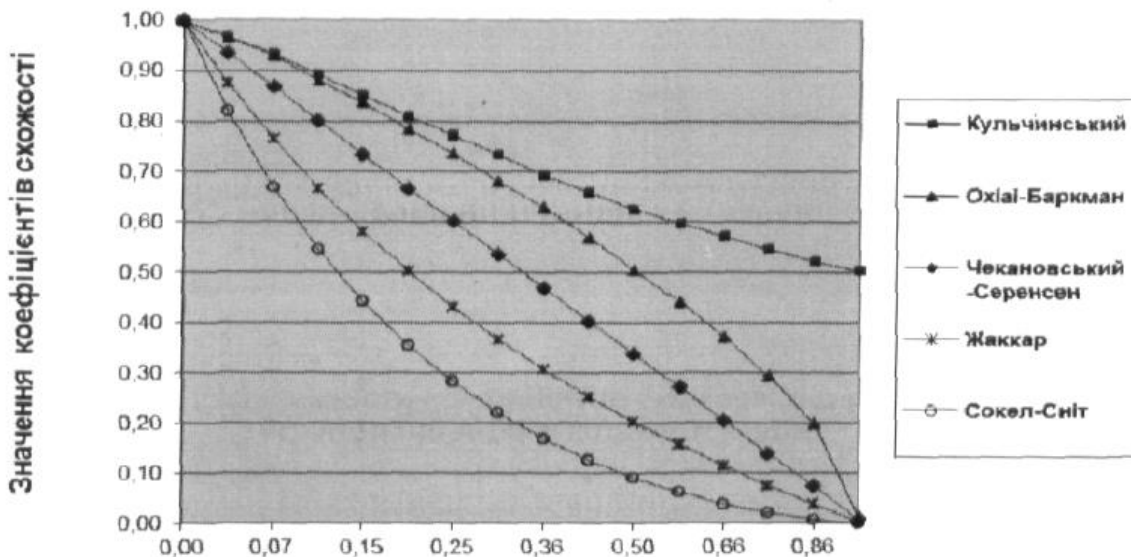
1. Спосіб оцінки екологічного стану водойм, що включає порівняння у просторі і часі угруповань гідробіонтів різних ділянок та окремих акваторій водних об'єктів, який **відрізняється** тим, що за допомогою приладів відбору проб (дночерпалки, обновлюваного сачка, батометра), отримують фактичні дані відносно параметрів угруповань, спочатку з непорушених, потім з потенційно забруднених ділянок водного об'єкта: видовий склад, для якісного порівняння, кількісні дані, що перераховуються на площу поверхні (м²) або на площу об'єму (м³), відповідно для кількісного порівняння, для визначення динаміки порушень, що відбуваються у структурі угруповань, проводять повторювальні відбори проб, співставлення отриманих значень здійснюється за допомогою комплексного використання коефіцієнтів схожості з яких ідентифікується як "ранг" схожості, коефіцієнти працюють у послідовності підвищення їх чутливості до різниці у розмірах видових списків та кількості спільних видів, послідовний перехід порогу 50 %-го значення вважається умовою для наступного включення в роботу шкали кожного із ряду, задіяних у програмі коефіцієнтів ("рангів").

25

30

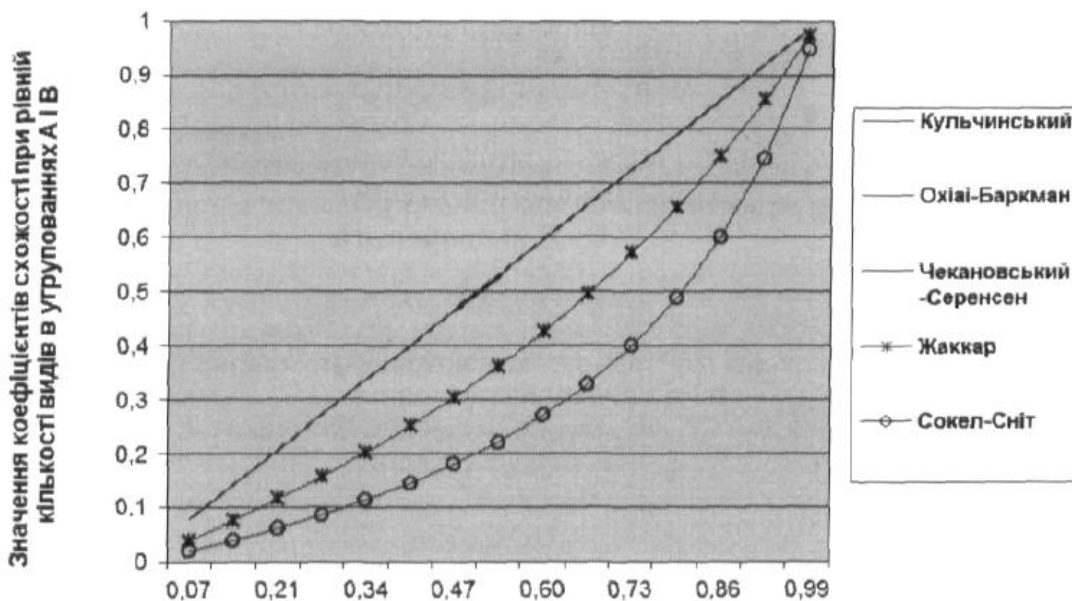
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що створений алгоритм реалізується за допомогою програмного додатка "Excel".

Залежність коефіцієнтів схожості від різниці угруповань А і В в кількості видів



фір.1

Залежність коефіцієнтів схожості від кількості спільних видів в угрупованнях А і В



фір.2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601