

УДК 504.064.2:550.3.510.8

Проаналізовані таксономічні методи проведення порівняльного аналізу та визначено їх роль в еколого-географічних дослідженнях. Вдосконалено процес побудови таксономічного показника рівня розвитку багатомірних об'єктів через формування матриці спостережень. Запропоновано алгоритм розрахунку таксономічного показника

Ключові слова: порівняльний аналіз, таксономічні методи, багатомірні об'єкти

Проанализированы таксономические методы проведения сравнительного анализа и определена их роль в эколого-географических исследованиях. Усовершенствован процесс построения таксономического показателя уровня развития многомерных объектов через формирование матрицы наблюдений. Предложен алгоритм расчёта таксономического показателя

Ключевые слова: сравнительный анализ, таксономические методы, многомерные объекты

The taxonomic methods for comparative analysis carrying out are analyzed, and their role in ecology-geographical researches is determined. The process of taxonomic index building of the multidimensional objects development level by means of observation matrix form calculation is offered

Key words: comparative analysis, taxonomic methods, multidimensional objects

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ КОНСТРУЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ РІВНЯ РОЗВИТКУ ОБ'ЄКТА В ЕКОЛОГО- ГЕОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

А. В. Гриценко

Доктор географічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки, завідувач кафедри*

Директор Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем, академік Української екологічної академії наук

Контактний тел.: (057) 707-37-41

E-mail: ecologyknady@mail.ru

Н. В. Внукова

Кандидат географічних наук, доцент
Заступник завідувача кафедри*

*Кафедра екології

Контактний тел.: (057) 707-37-41

E-mail: ecologyknady@mail.ru

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

вул. Петровського, 25, м. Харків, Україна, 61002

1. Вступ

В процесі еколого-географічних досліджень велику роль грає проведення різного роду порівняльних характеристик, що полягають у зіставленні даних. Як правило, такі дослідження проводяться на основі моделі з невеликим числом змінних, найчастіше з однією або двома, що надмірно спрощує реальність. Більшість явищ у дійсності характеризується безліччю різноманітних ознак, число яких нерідко досягає декількох десятків. У таких випадках проведення досліджень традиційними методами значно ускладнюється або стає просто неможливим. Отже, з'являється необхідність або в пристосуванні для еколого-географічних досліджень тих методів, що вже застосовуються в інших наукових дисциплінах, або в розробці нових методів.

2. Постановка завдання

Визначити та проаналізувати таксономічні методи проведення порівняльного аналізу, розробити алго-

ритм розрахунку таксономічного показника рівня розвитку об'єкта в еколого-географічних дослідженнях.

3. Аналіз публікацій

Зазначена проблематика відображена в роботах таких вчених та спеціалістів як: J. Czekanowski, K. Majewski, K. Florek, Z. Hellwig, I.I. Єлисеєвої, В.О. Рукавишнікова, А.Ю. Терехіної, Веслава Плюти.

4. Основна частина

До дійсного часу найбільш широке застосування при проведенні порівняльного аналізу знайшли таксономічні методи і деякі методи факторного аналізу.

В статті велике місце приділене таксономічному методу. Основним поняттям, яке використовується у таксономічних методах, є так звана таксономічна відстань. Це відстань між точками багатомірного простору, що обчислюється найчастіше за правилами ана-

літичної геометрії. Розмірність простору визначається числом ознак, що характеризують одиниці досліджуваної сукупності. У двійчій ж задачі, у якій ознаки виступають у ролі об'єктів дослідження, розмірність простору визначається числом структурних одиниць. Таким чином, таксономічна відстань обчислюється між точками-одиницями або точками-ознаками, розташованими в багатомірному просторі. Обчислені відстані дозволяють визначити положення кожної точки щодо інших точок і, отже, визначити місце цієї точки у всій сукупності, що уможливує їх упорядкування і класифікацію.

В залежності від цілей таксономічні методи можна розділити на три групи:

- методи упорядкування;
- методи розбивки;
- методи вибору репрезентантів груп.

Перша група включає методи, що упорядковують одиниці досліджуваної сукупності, причому тут можна виділити два напрямки. В одному випадку досягається лінійне упорядкування, в іншому – нелінійне.

Лінійне упорядкування (наприклад, метод J. Steczkowski) полягає в проектуванні точок багатомірного простору на пряму [1, 2].

Вроцлавські математики [3] розробили так званий метод дендритів (іменований також вроцлавською таксономією), при якому точки багатомірного простору проектується на площину, чим досягається нелінійне упорядкування досліджуваних елементів.

Вроцлавська таксономія знаходить усе більше застосування в багатьох галузях знань як у своєму первісному виді, так і в подальших модифікаціях. Особливе значення має тут робота Z. Hellwig [4], у якій автор, зокрема, представив концепцію так званого показника рівня розвитку d , відповідно до якої досліджувані об'єкти упорядковуються по відстані до деякої штучно сконструйованої точки, яка називається еталоном розвитку.

Введення визначення подібності між об'єктами й еталоном, як елементами кінцевої безлічі U , відповідає завданню в ньому деякої топології. Простір описів об'єктів перетворюється тоді в топологічний простір, а при визначених вимогах (завданні метрик) – у метричне. Один з найбільш вживаних способів завдання топології в задачах автоматичної класифікації об'єктів заснований на введенні конкретної міри подібності [5]. Міра подібності являє собою деяку функцію, що ставить у відповідність значенням величин i -го об'єкта деяке число C_{ji} , що характеризує ступінь подібності між об'єктом U_j і об'єктом U_i . Міри подібності, які використовуються на практиці, відрізняються значною розмаїттям властивостей, однак, можна сформулювати загальні вимоги, яким повинна задовольняти міра подібності, що перетворює простір описів об'єктів у топологічний простір:

$$C_{ji} \geq 0, \tag{1}$$

$$C_{ji} = C_{ij}, \tag{2}$$

$$C_{jj} \geq C_{ji}, \forall U_j, U_i \in U, \tag{3}$$

На практиці звичайно використовується три типи мір подібності [4]:

- коефіцієнти подоби;

- коефіцієнти зв'язку;

- показники відстані в метричному просторі.

В силу специфіки вихідних даних і поставленої задачі з цих типів мір подібності в даній роботі використовується третя.

При використанні цієї міри подібності до загальних вимог додається ще одна складова [5] – повинно виконуватися нерівність трикутника:

$$\forall j, r, i \quad C_{ji} \leq C_{jr} + C_{ri}, \tag{4}$$

де C_{ji} – відстань від j -го до i -го об'єкта.

Безліч об'єктів, що розглядається відносно заданої метрики C , є метричним простором.

Конструювання детермінованої комплексної оцінки полягає в побудові n – мірного простору, осі якого відповідають ознакам об'єктів, а точки – об'єктам.

Для того щоб можна було вимірити відстані між об'єктами, необхідно ввести метрику. Поки не існує формалізованого апарата для вибору метрики, і тому дане питання вирішується, як правило, емпіричним шляхом.

Зазвичай в розглянутому просторі вводиться метрика Г. Мінковського [6], відповідно до якої відстані обчислюються як:

$$C_{jk} = \left[\sum_i |x_{ji} - x_{ki}|^p \right]^{\frac{1}{p}}, \tag{5}$$

де x_{ji} – i -та координата j -го об'єкта;

x_{ki} – i -та координата k -го об'єкта; $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, w$;

P – константа Г. Мінковського.

Окремим випадком відстані Г. Мінковського є відстань city-block, що відповідає $p = 1$:

$$C_{jk} = \sum_i |x_{ji} - x_{ki}|, \tag{6}$$

Для площини воно відповідає шляху, який потрібно перебороти, щоб потрапити з однієї точки кварталу в іншу. Метрика, подібна city-block більш підходить для об'єктів, що мають тенденцію бути аналізованими уздовж деяких виділених напрямків, причому, суб'єктивно не допускається довільне обертання цих напрямків.

Спрямувавши $P \rightarrow \infty$, одержуємо метрику «домінування» або SUP – метрику:

$$C_{jk} = \left[\sum_i |x_{ji} - x_{ki}|^\infty \right]^{\frac{1}{\infty}}, \tag{7}$$

яку можна представити також у вигляді:

$$C_{jk} = \max_i |x_{ji} - x_{ki}|, \tag{8}$$

Дана метрика застосовується тоді, коли необхідно звернути увагу тільки на одну розмірність, а саме, на ту, по якій об'єкти найбільш відрізняються.

Автором статті застосовується Евклідова метрика, що відповідає значенню параметра $P = 2$. Евклідова метрика є кращою в багатьох випадках завдяки тому, що в ній відстань не залежить від напрямку осей, і тому вона допускає будь-як обертання системи координат. Евклідова метрика добре підходить для вивчення об'єктів, на котрі реагують як на єдине ціле.

При цьому відсутність переваг у відношенні окремих напрямків у просторі відповідає інваріантності

характеристик Евклідової геометрії при обертаннях системи координат.

Розташовуючи об'єкти по зростанню (убуванню) значень їх комплексної оцінки d_j , одержуємо лінійно упорядковану класифікацію об'єктів. Найменш віддалений від точки еталона об'єкт одержує вищу оцінку, найбільш віддалений – нижчу оцінку.

Необхідною умовою правильності оцінки d_j є односпрямованість досліджуваних показників, тобто збільшення (зменшення) значення будь-якого показника розцінюється як погіршення (покращання) стану навколишнього природного середовища. Саме односпрямованість величин дозволяє класифікувати об'єкти по зростанню (убуванню) значень комплексної оцінки d_j .

Друга група методів застосовується в задачах розбивки безлічі на групи однорідних елементів. Серед них можна виділити метод J. Steczkowski, пристосований для проведення територіально-економічних досліджень [7, 8] завдяки тому, що в ньому враховується інформація про зв'язки між всіма об'єктами. Іншим широко використовуваним методом є так званий метод куль [9]. Він менш трудомісткий, ніж інші методи, що надає йому безсумнівну перевагу.

Третя група таксономічних методів застосовується з метою вибору репрезентантів груп. Вона має велике значення, особливо при перебуванні так званих діагностичних ознак, тобто ознак, що передають самі істотні особливості досить численного набору вихідних ознак [10, 11].

Одним з перших методів дослідження багатомірних об'єктів був запропонований Z. Hellwig [4] метод таксономічного показника рівня розвитку об'єкта. Цей показник являє собою синтетичну величину, «рівнодіючу» всіх ознак, що дозволяє з його допомогою упорядкувати елементи даної сукупності.

Процес побудови таксономічного показника рівня розвитку починається з формування матриці спостережень [12]. Ця матриця містить найбільш повну характеристику досліджуваної безлічі і завдяки цьому відіграє найважливішу роль у проведеному дослідженні.

Допустимо, є безліч з w елементів, описуваних n ознаками; тоді кожен одиницю можна інтерпретувати, як точку n -мірного простору з координатами, рівними значенням n ознак для розглянутої одиниці. Вищевказану матрицю спостережень можна представити в такий спосіб:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{w1} & x_{w2} & \dots & x_{wk} & \dots & x_{wn} \end{bmatrix}, \tag{9}$$

де w - число одиниць;
 n - число ознак;
 x_{ik} - значення ознаки k для одиниці i .

Ознаки, що включені в матрицю спостережень, неоднорідні, оскільки описують різні властивості об'єктів. Крім того, розрізняються їх одиниці виміру. Однак, всі ознаки повинні бути порівнянні, а отже, повинні бути приведені до порівнянного виду шляхом виключення одиниць виміру. Тому необхідно виконати стандартизацію значень ознак, що полягає в пере-

ході до єдиного масштабу, у якому для кожної ознаки як одиниці прийняте його квадратичне відхилення від середньої величини, і при цьому проводиться відлік від середньої величини.

Таке перетворення здійснюється відповідно до формули:

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k}, \tag{10}$$

причому:

$$\bar{x}_k = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^w x_{ik}, \tag{11}$$

$$s_k = \left[\frac{1}{w} \sum_{i=1}^w (x_{ik} - \bar{x}_k)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \tag{12}$$

де $k=1, 2, \dots, n$;

x_{ik} - значення ознаки k для одиниці i ;

\bar{x}_k - середнє арифметичне значення ознаки k ;

S - стандартне відхилення ознаки k ;

z_{ik} - стандартизоване значення ознаки k для одиниці i .

Стандартизація ознак матриці спостережень приводить її до виду:

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1k} & \dots & z_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{i1} & z_{i2} & \dots & z_{ik} & \dots & z_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{w1} & z_{w2} & \dots & z_{wk} & \dots & z_{wn} \end{bmatrix}, \tag{13}$$

Процедура стандартизації ознак приводить не тільки до елімінування одиниць виміру, але і до вирівнювання значень ознак, при цьому кожний зі стандартизованих ознак робить у середньому однаковий вплив на відстань між досліджуваними об'єктами.

Згладжування цього небажаного явища можна домогтися введенням коефіцієнтів ієрархії, що розділяють ознаки за їх важливістю. Ці коефіцієнти відбивають положення кожної ознаки, його значення і роль у проведеному дослідженні. Тому їх використання є необхідністю також і у випадку виділення досить численного набору діагностичних перемінних, оскільки вони сприяють зростанню значення декількох ознак при одночасному зменшенні впливу інших (поповнення загубленої інформації).

З цією метою необхідно розмістити ознаки стандартизованої матриці спостережень у деякому метричному просторі таким чином, щоб по їх взаємному розташуванню можна було створити досить гарне уявлення про структуру безлічі. Картина повинна бути такою, щоб схожі ознаки знаходилися близько друг від друга, а несхожі – далеко. По суті, мова йде про розрахунок елементів матриці відстаней між ознаками з урахуванням всіх елементів матриці спостережень.

Для зручності проведення даних розрахунків стандартизовану матрицю необхідно транспонувати:

$$Z' = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{21} & \dots & z_{i1} & \dots & z_{w1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{1k} & z_{2k} & \dots & z_{ik} & \dots & z_{wk} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{1n} & z_{2n} & \dots & z_{in} & \dots & z_{wn} \end{bmatrix}, \tag{14}$$

Розрахунок елементів матриці відстаней найчастіше здійснюється за допомогою Евклідової метрики, тобто

$$c_{rs} = \left[\sum_{k=1}^n (z_{rk} - z_{sk})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (15)$$

де $r = 1, 2, \dots, w$;

$S = 1, 2, \dots, w$.

Після вирахування відстаней між всіма одиницями даної сукупності одержуємо матрицю відстаней. Її можна записати в наступному вигляді:

$$C = \begin{bmatrix} 0 & c_{12} & \dots & c_{1i} & \dots & c_{1w} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{i1} & c_{i2} & \dots & 0 & \dots & c_{iw} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{w1} & c_{w2} & \dots & c_{wi} & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad (16)$$

де c_{ij} - відстань між елементами i та j ;

Елементи цієї матриці мають наступні властивості:

$$c_{rr} = 0, \quad (17)$$

$$c_{rs} = c_{sr}, \quad (18)$$

$$c_{rs} \leq c_{ri} + c_{is}, \quad (19)$$

Для розрахунку коефіцієнтів ієрархії використовується метод критичної відстані, що полягає у знаходженні найменших відстаней у кожному стовпці (або рядку) матриці відстаней і потім вибору з них найбільшої величини, тобто:

$$k = \max_r \min_s c_{rs}, \quad (20)$$

Далі здійснюються дії, зв'язані безпосередньо з розрахунком коефіцієнтів ієрархії:

- у кожному стовпці матриці C знаходяться елементи, значення яких не перевищують критичної відстані:

$$Q_r = \{(r,s) | c_{rs} \leq k; s=1,2,\dots,w\}, \quad (21)$$

- сумуються отримані відстані для кожного з елементів:

$$\epsilon_r = \sum_{(r,s) \in Q_r} c_{rs}, \quad (22)$$

- бирається ознака, для якого обчислена сума відстаней найбільша:

$$\epsilon_r = \max_r \epsilon_r, \quad (23)$$

- розраховуються коефіцієнти ієрархії:

$$\lambda_r = \frac{\epsilon_r}{\epsilon_m}, \quad (24)$$

В даному методі розрахунку коефіцієнтів ієрархії фігурують усі відстані, що менше встановленого певним чином критичної відстані. Внаслідок цього обраними виявляються відстані між ознаками, що ближче усього розташовані друг від друга, і, отже, ці відстані відбивають найбільше сильні зв'язки між ознаками.

Отримані значення коефіцієнтів ієрархії збільшуються на значення відповідних ознак у стандартизованій матриці спостережень, поповнюючи тим самим втрачені інформації при стандартизації матриці спостережень.

Наступний крок у розглянутій процедурі полягає в диференціації ознак матриці спостережень. Всі ознаки поділяються на стимулятори і дестимулятори. Підставою поділу ознак на дві групи служить характер впливу кожного з них на рівень розвитку досліджуваних об'єктів. Ознаки, що роблять позитивний, стимулюючий вплив на рівень розвитку об'єктів, називаються стимуляторами, у відмінності від ознак, що здійснюють негативний вплив і тому називаються дестимуляторами.

Поділ ознак на стимулятори і дестимулятори є основою для побудови так званого еталона розвитку, що являє собою точку P_0 з координатами:

$$P_0(z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n}), \quad (25)$$

де, $z_{0s} = \max_r z_{rs}$, якщо $S \in I$;

$z_{0s} = \min_r z_{rs}$, якщо $S \notin I (s=1, 2, \dots, n)$;

I - безліч стимуляторів;

z_{rs} - стандартизоване значення ознаки s для одиниці r .

Відстань між окремими точками-одиницями і точкою P_0 , що представляє еталон розвитку, позначається c_{i0} і розраховується в такий спосіб:

$$c_{i0} = \left[\sum_{s=1}^n (z_{is} - z_{0s})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (i=1, 2, \dots, w), \quad (26)$$

Отримані відстані служать вихідними величинами, використовуваними при розрахунку показника рівня розвитку:

$$d_i = 1 - \frac{c_{i0}}{c_0}, \quad (27)$$

де

$$c_0 = \bar{c}_0 + 2S_0, \quad (28)$$

$$\bar{c}_0 = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^w c_{i0}, \quad (29)$$

$$S_0 = \left[\frac{1}{w} \sum_{i=1}^w (c_{i0} - \bar{c}_0)^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (30)$$

Показник рівня розвитку d_i інтерпретується в такий спосіб: даний об'єкт тим більше розвинутий, чим ближче значення показника рівня до одиниці.

5. Висновки

Таким чином, показник рівня розвитку служить для статистичної характеристики безлічі об'єктів. З його допомогою можна оцінити досягнутий у деякий період або момент часу «середній» рівень значення ознак, що характеризують досліджуване явище. Однак, проведення аналізу змін, що відбуваються за деякий проміжок часу, виявляється досить скрутним, тому що, взагалі говорячи, величина c_0 , що нормується а також координати еталона розвитку, піддаються змінам.

Алгоритм розрахунку таксономічного показника рівня розвитку об'єкта складається з наступних етапів:

- 1) формування матриці спостережень;
- 2) стандартизація матриці спостережень;

- 3) розрахунок елементів матриці відстаней; 6) розрахунок еталонної точки розвитку;
 4) розрахунок коефіцієнтів ієрархії; 7) розрахунок вектора відстаней між елементами
 5) множення стандартизованої матриці на коефіцієнти ієрархії; 8) розрахунок показника рівня розвитку об'єкта.

Література

1. Czekanowski J. Zarys metod statystycznych w zastosowaniu do antropologii / J. Czekanowski. – Warszawa, 1913. – 190 p.
2. Majewski K. Proba zastosowania metody taksonomicznej do badan nad rozmieszczeniem systemow rolniczych w woj. Olsztynskim / K. Majewski. – Olsztyn: Zeszyty Naukowe WSR, 1962. – Z.4. – 201 p.
3. Florek K. Taksonomia wroclawska. / K. Florek, J. Zukaszewicz, J. Perkal, H. Steinhaus, S. Zubrzycki. – Przegląd Antropologiczny, 1951. – T. XVII. – 133 p.
4. Hellwig Z. Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podzialu krajow ze wzgledu na poziom ich rozwoju i strukture wykwalifikowanych kadr / Z. Hellwig. – Przegląd Statystyczny, 1968. – N4. – 211 p.
5. Елисеєва И.И. Группировка, корреляция, распознавание образов [Текст] / И.И. Елисеєва, В.О. Рукавишников. – М.: Статистика, 1977. – 144 с.
6. Терехина А.Ю. Анализ данных методами многомерного шкалирования [Текст] / А.Ю. Терехина. – М.: Наука, 1986. – 167 с.
7. Podolec B. Studium z zakresu ustalania rejonow konsumpcyjnych w Polsce / B. Podolec, K. Zajac. – Przegląd Statystyczny, 1970. – N1. – 178 p.
8. Steczkowski J. Zasady i metody rejonizacji produkcji rolniczej / J. Steczkowski. – Warszawa: PWRiL, 1966. – 199 p.
9. Bukietynski W. Uwagi o dyskryminacji zbiorow skonczonych / W. Bukietynski, Z. Hellwig, U. Krolik, A. Smoluk. – Wroclaw: Prace Naukowe WSE, 1969. – Z.21. – 217 p.
10. Hellwig Z. The selection of a set of "core" indicators of socio-economic development / Z. Hellwig. – UNESCO, 1972. – 117 p.
11. Pluta W. Przyczynek do grafowej metody klasyfikacji cech / W. Pluta. – Wroclaw: Prace Naukowe WSE, Z.33, 1972. – 191 p.
12. Веслав П. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях [Текст] / П. Веслав. – М.: Статистика, 1980. – 151с.

Подана загальна постановка задачі знаходження найкоротших шляхів у міських маршрутних мережах. Запропонована методика пошуку найкоротшого за часом шляху пересування пасажирів з урахуванням тривалості очікування транспорту та пересаджень на шляху прямування

Ключові слова: маршрутна мережа, найкоротший шлях, пересадження

Представлена общая постановка задачи поиска кратчайших путей в городских маршрутных сетях. Предложена методика поиска кратчайшего по времени пути перемещения пассажира с учетом времени ожидания транспорта и пересадок на пути следования

Ключевые слова: маршрутная сеть, кратчайший путь, пересадки

A general formulation of search problem the shortest paths in public transport networks is presented. The technique of finding the shortest path by time in route for passengers, taking into account the waiting time and transfers on the route is suggested

Key words: traffic network, the shortest path, transfers

УДК 656.02.2

ПОШУК НАЙКОРОТШИХ ШЛЯХІВ У МІСЬКИХ МАРШРУТНИХ МЕРЕЖАХ

О.Ф. Кузькін

Кандидат технічних наук, доцент
 Кафедра транспортних технологій
 Запорізький національний технічний
 університет
 вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя,
 Україна, 69063
 Контактний тел.: (061) 769-84-40,
 067-686-52-88
 E-mail: horz@ukr.net

1. Вступ

При проектуванні маршрутних мереж транспорту загального користування у містах, їх оптимізації,

розподілі пасажиропотоків по ділянках маршрутної мережі постає задача визначення найкращих у деякому сенсі шляхів прямування пасажирів між вершинами маршрутної мережі, які у загальному випадку