

## РОЗДІЛ II. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 311+512

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-3(17)-123-130

*Олександр Дубягін, Володимир Гур'єв, Ірина Фірсова*

### МІЖРІВНЕВИЙ БАЛАНС: ПОКАЗНИКИ СТРУКТУРИ, ІНТЕНСИВНОСТІ ТА КООРДИНАЦІЇ РУХУ ОДИНИЦЬ ОБ'ЄКТА – АГРЕГАТНА ФОРМА

*Актуальність теми дослідження.* Показники структури, інтенсивності та координації міжрівневого руху одиниць об'єкта, як одна з видових категорій показників міжрівневого балансу, забезпечують всебічну кількісну оцінку структурних зрушень керованого об'єкта, а також наслідків керуючого впливу на об'єкт щодо ознаки, вимірюваної в його одиниць у шкалі відношень.

*Постановка проблеми.* Відповідні показники міжрівневого балансу, представлені до цього через його незважені (неагреговані) складові, не уможливають подібну оцінку.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Обчислення неагрегованих показників структури, інтенсивності та координації міжрівневого руху відбувається через значення чисельності рухомих і нерухомих одиниць об'єкта.

*Виділення недосліджених частин загальної проблеми.* Оцінка наслідків керуючого впливу на структурований об'єкт, виконувана у значеннях вимірюваної ознаки й пояснювана міжрівневим пересуванням одиниць цього об'єкта.

*Постановка завдання.* Сформулювати показники структури, інтенсивності та координації міжрівневого руху в системі показників міжрівневого балансу шляхом формулювання правил їх обчислення в агрегатній формі.

*Виклад основного матеріалу.* Представлення складових моделі міжрівневого балансу в агрегованому вигляді дає можливість оцінювати наслідки керуючого впливу на об'єкт на різних рівнях їх систематизації в моделі. Щодо всебічної характеристики результатів такого впливу та відповідних структурних зрушень об'єкта, в системі агрегованих показників балансу вагоме місце посідають показники структури, інтенсивності та координації міжрівневого руху одиниць об'єкта. Вони сформульовані як абсолютні, відносні та середні величини через сукупні значення ознаки, вимірюваної на тому чи іншому рівні в рухомих і нерухомих одиниць об'єкта.

*Висновки відповідно до статті.* Запропоновані показники міжрівневого балансу мають важливе значення для оцінки наслідків та ефективності керуючого впливу на структурований об'єкт.

*Ключові слова:* агреговані показники; інтенсивність; керований об'єкт; координація; міжрівневий рух; структура.

*Табл.: 1. Бібл.: 10.*

*Актуальність теми дослідження.* Формулювання в системі показників міжрівневого балансу показників структури, інтенсивності та координації, якими в шкалі відношень оцінюється міжрівневий рух одиниць структурованого об'єкта, є актуальною науковою задачею комплексної оцінки наслідків керуючого впливу на такий об'єкт й ефективності цього впливу. Якщо таким об'єктом є структуроване середовище, використовуване для зберігання, обробки та передачі даних, то зазначені показники можуть бути корисними для вимірювання ефективності інформаційних систем, особливо якщо йдеться про такі їхні характеристики, як швидкодія, ресурсні витрати (енергії, труда, фінансів тощо), продуктивність тощо.

*Постановка проблеми.* Показники структури, інтенсивності та координації руху одиниць об'єкта, представлені до цього через незважені (неагреговані) складові міжрівневого балансу, не уможливають подібну оцінку. Вирішення цієї проблеми можливо завдяки моделі міжрівневого балансу, яка синтезована в агрегатній формі. Складові балансу в такій моделі представлені зваженими, так, що роль ваги рівневих значень ознаки відіграє чисельність міжрівневих пересувань одиниць об'єкта.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Показники структури, інтенсивності та координації руху, представлені в системі показників міжрівневого балансу за критерієм «призначення», до цього були сформульовані лише в неагрегованому вигляді – через складові простої моделі міжрівневого балансу. В агрегатній формі балансова модель розглядається в роботі [10], а складові такої моделі підходять на роль порівнюваних між собою величин у конструкції цих показників. Аналогом моделі міжрівневого балансу є модель міжгалузевого балансу, запропонована В. В. Леонтьєвим [1, с. 8-18]. Щодо характеристики структурних зрушень об'єкта спостереження, у статистиці традиційно

застосовуються абсолютні, відносні та середні величини, а серед відносних величин поширеними є показники структури, інтенсивності та координації [2-9].

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Це – оцінка наслідків керуючого впливу на структурований об'єкт, виконувана у значеннях вимірюваної ознаки й пояснювана міжрівневим пересуванням одиниць цього об'єкта.

**Постановка завдання (мета статті).** Сформулювати показники структури, інтенсивності та координації руху одиниць об'єкта в системі показників міжрівневого балансу шляхом формулювання правил їх обчислення в агрегатній формі.

**Виклад основного матеріалу.** Нагадаємо, що відповідно до класифікації показників міжрівневого балансу досліджувані у статті показники поділяються на такі видові категорії: за способом обчислення – на абсолютні, відносні та середні; за межами руху одиниць об'єкта – на рівневі, групові та загальні; за ступенем агрегування – на парні, часткові та частинні; за ознаками руху одиниць об'єкта – на показники міжрівневого пересування, вибуття («В») і прибуття («П»), у тому числі прогресивного («Вв.» і «Пн.») та регресивного («Вн.» і «Пв.»), і рівневої нерухомості, не переходу з рівня («Н») та залишення на рівні («З»), що представляє структурований об'єкт в одному з двох станів, до («0») і після («1») керуючого впливу. В їх обчисленні беруть участь або визначають їх безпосередньо (у другому випадку у виді абсолютних агрегованих величин структури руху) прості (неагреговані) та зважені (агреговані) складові балансу. Перші з них: вихідні дані про чисельність міжрівневих пересувань одиниць об'єкта з рівня  $i$  на рівень  $j$  –  $n_{ij}$ ; рівнева чисельність одиниць об'єкта –  $N_{i0}$ ,  $N_{j1}$ ; рівнева чисельність рухомих одиниць об'єкта –  $N_{Vi}$ ,  $N_{Viv.}$ ,  $N_{Vin.}$  і  $N_{Pi}$ ,  $N_{Pin.}$ ,  $N_{Pv.}$ ; рівнева чисельність нерухомих одиниць об'єкта –  $N_{Hi}$  і  $N_{3j}$ ; загальна чисельність рухомих одиниць об'єкта –  $N_V$ ,  $N_{Vv.}$ ,  $N_{Vn.}$  і  $N_P$ ,  $N_{Pn.}$ ,  $N_{Pv.}$ ; загальна чисельність нерухомих одиниць об'єкта –  $N_H$  і  $N_3$ ; загальна чисельність одиниць об'єкта –  $N$ , - представляють рівневу структуру об'єкта ( $N_{i0}$ ,  $N_{j1}$ ) та структуру міжрівневого руху його одиниць (решта показників, крім  $N$ ) в простій формі балансової моделі. Другі – це відповідні сукупні значення ознаки, вимірюваної в одиниць об'єкта: в рухомих і в нерухомих разом (рівневі –  $L_{i0}$ ,  $L_{(j)0}$  і  $L_{j1}$ ,  $L_{(i)1}$ ; загальні –  $L_0$  і  $L_1$ ), у рухомих (рівневі (парні –  $L_{Bij}$  і  $L_{Pij}$ ; частинні –  $L_{Vi}$ ,  $L_{V<j>}$  і  $L_{Pi}$ ,  $L_{P<j>}$ ; часткові –  $L_{Viv.}$ ,  $L_{Vv.<j>}$ ,  $L_{Vin.}$ ,  $L_{Vn.<j>}$  і  $L_{Pin.}$ ,  $L_{P<n.>}$ ,  $L_{Pv.}$ ,  $L_{P<v.>}$ ) і групові (частинні –  $L_V$  і  $L_P$ ; часткові –  $L_{Vv.}$ ,  $L_{Vn.}$  і  $L_{Pn.}$ ,  $L_{Pv.}$ ) і в нерухомих (рівневі –  $L_{Hi}$ ,  $L_{Hj}$  і  $L_{3j}$ ,  $L_{3i}$ ; групові –  $L_H$  і  $L_3$ ), що представляє агрегатну форму балансової моделі [10]. Якщо ознака вимірюється поза опорним рівнем ( $i$  або  $j$ ), тобто на будь-якому іншому рівні, в позначенні показника цей опорний рівень взятий у кутові дужки.

Щодо аналізу наслідків керуючого впливу на об'єкт, їх визначають агреговані показники, а тому далі розглядаються докладно саме вони.

Через агрегати  $L_{Bij} = n_{ij}l_i$  і  $L_{Pij} = n_{ij}l_j$  можна виразити будь-яку складову балансу (якщо  $i = j$ , ці складові набувають зміст складових рівневої нерухомості  $L_{Hi} = L_{Hj}$  і  $L_{3j} = L_{3i}$ ):

- на рівні  $i$  у стані «до» (рівняння (1(1)) та на будь-якому іншому рівні ніж рівень  $i$ , у стані «після» (рівняння (2(2)) в  $N_{Vi}$  одиниць, а також на рівні  $j$  у стані «після» (рівняння (2(1)) та на будь-якому іншому рівні ніж рівень  $j$ , у стані «до» (рівняння (1(2)) в  $N_{Pi}$  одиниць:

$$\begin{cases} L_{Vi} = N_{Vi}l_i|_{i=\overline{1,k}} = \sum_{j=1}^{i-1} n_{ij}l_i|_{i=\overline{2,k}} + \sum_{j=i+1}^k n_{ij}l_i|_{i=\overline{1,k-1}}, & (1) \\ L_{V(j)} = \sum_{i=1}^{j-1} n_{ij}l_i|_{j=\overline{2,k}} + \sum_{i=j+1}^k n_{ij}l_i|_{j=\overline{1,k-1}}; & (2) \\ L_{Pi} = N_{Pi}l_j|_{j=\overline{1,k}} = \sum_{i=1}^{j-1} n_{ij}l_j|_{j=\overline{2,k}} + \sum_{i=j+1}^k n_{ij}l_j|_{j=\overline{1,k-1}}, & (1) \\ L_{P(i)} = \sum_{j=1}^{i-1} n_{ij}l_j|_{i=\overline{2,k}} + \sum_{j=i+1}^k n_{ij}l_j|_{i=\overline{1,k-1}}, & (2) \end{cases}$$

з них відповідно:

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

- на рівні  $i$  у стані «до» (рівняння (3(1)) та на будь-якому вищому рівні ніж рівень  $i$ , у стані «після» (рівняння (4(2)) в  $N_{Biv}$  одиниць, а також на рівні  $j$  у стані «після» (рівняння (4(1)) та на будь-якому нижчому рівні ніж рівень  $j$ , у стані «до» (рівняння (3(2)) в  $N_{Пн,j}$  одиниць:

$$\begin{cases} L_{Biv} = N_{Biv} l_i = \sum_{j=i+1}^k n_{ij} l_i, & i = 1, 2, \dots, k-1, & (1) \\ L_{Bv\langle j \rangle} = \sum_{i=1}^{j-1} n_{ij} l_i, & j = 2, 3, \dots, k; & (2) \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} L_{Пн,j} = N_{Пн,j} l_j = \sum_{i=1}^{j-1} n_{ij} l_j, & j = 2, 3, \dots, k, & (1) \\ L_{П\langle i \rangle н} = \sum_{j=i+1}^k n_{ij} l_j, & i = 1, 2, \dots, k-1; & (2) \end{cases} \quad (4)$$

- на рівні  $i$  у стані «до» (рівняння (5(1)) та на будь-якому нижчому рівні ніж рівень  $i$ , у стані «після» (рівняння (6(2)) в  $N_{Bin}$  одиниць, а також на рівні  $j$  у стані «після» (рівняння (6(1)) та на будь-якому вищому рівні ніж рівень  $j$ , у стані «до» (рівняння (5(2)) в  $N_{Пв,j}$  одиниць:

$$\begin{cases} L_{Bin} = N_{Bin} l_i = \sum_{j=1}^{i-1} n_{ij} l_i, & i = 2, 3, \dots, k, & (1) \\ L_{Bн\langle j \rangle} = \sum_{i=j+1}^k n_{ij} l_i, & j = 1, 2, \dots, k-1; & (2) \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} L_{Пв,j} = N_{Пв,j} l_j = \sum_{i=j+1}^k n_{ij} l_j, & j = 1, 2, \dots, k-1, & (1) \\ L_{П\langle i \rangle в} = \sum_{j=1}^{i-1} n_{ij} l_j, & i = 2, 3, \dots, k; & (2) \end{cases} \quad (6)$$

- на рівні  $i$  у стані «до» (рівняння (7(1)) та ньому ж у стані «після» (рівняння (8(2)) в  $N_{Hi}$  і в  $N_{3i}$  одиниць відповідно, а також на рівні  $j$  у стані «після» (рівняння (8(1)) та на ньому ж у стані «до» (рівняння (7(2)) в  $N_{3j}$  і в  $N_{Hj}$  одиниць відповідно:

$$\begin{cases} L_{Hi} = N_{Hi} l_i = n_{ij} l_i |_{j=i}, & i = 1, 2, \dots, k, & (1) \\ L_{Hj} = n_{ij} l_j |_{i=j}, & j = 1, 2, \dots, k, & (2) \\ L_{Hi} = L_{Hj}, & i = j; & (3) \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} L_{3j} = N_{3j} l_j = n_{ij} l_j |_{i=j}, & j = 1, 2, \dots, k, & (1) \\ L_{3i} = n_{ij} l_i |_{j=i}, & i = 1, 2, \dots, k, & (2) \\ L_{3j} = L_{3i}, & j = i; & (3) \end{cases} \quad (8)$$

- у станах «до» (рівняння (9(1)) і «після» (рівняння (10(2)) в  $N_B$  одиниць, а також у станах «після» (рівняння (10(1)) і «до» (рівняння (9(2)) в  $N_{П}$  одиниць:

$$L_B = \begin{cases} \sum_{i=1}^k L_{Bi} = \sum_{i=1}^k N_{Bi} l_i = \sum_{i=2}^k \sum_{j=1}^{i-1} n_{ij} l_i + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k n_{ij} l_i, & (1) \\ \sum_{j=1}^k L_{B\langle j \rangle} = \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} n_{ij} l_i + \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=j+1}^k n_{ij} l_i, & (2) \end{cases} \quad (9)$$

$$L_{П} = \begin{cases} \sum_{j=1}^k L_{Пj} = \sum_{j=1}^k N_{Пj} l_j = \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} n_{ij} l_j + \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=j+1}^k n_{ij} l_j, & (1) \\ \sum_{i=1}^k L_{П\langle i \rangle} = \sum_{i=2}^k \sum_{j=1}^{i-1} n_{ij} l_j + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k n_{ij} l_j, & (2) \end{cases} \quad (10)$$

з них:

- у станах «до» (рівняння (11(1)) та «після» (рівняння (12(2)) в  $N_{Bv}$  одиниць, а також у станах «після» (рівняння (12(1)) і «до» (рівняння (11(2)) в  $N_{Пн}$  одиниць:

$$L_{Bv} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{k-1} L_{Biv} = \sum_{i=1}^{k-1} N_{Biv} l_i = \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k n_{ij} l_i, & (1) \\ \sum_{j=2}^k L_{Bv\langle j \rangle} = \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} n_{ij} l_i; & (2) \end{cases} \quad (11)$$

$$L_{Пн} = \begin{cases} \sum_{j=2}^k L_{Пн,j} = \sum_{j=2}^k N_{Пн,j} l_j = \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} n_{ij} l_j, & (1) \\ \sum_{i=1}^{k-1} L_{П\langle i \rangle н} = \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k n_{ij} l_j; & (2) \end{cases} \quad (12)$$

- у станах «до» (рівняння (13(1)) та «після» (рівняння (14(2)) в  $N_{Bн}$  одиниць, а також у станах «після» (рівняння (14(1)) і «до» (рівняння (13(2)) в  $N_{Пв}$  одиниць:

$$L_{\text{Вн.}} = \begin{cases} \sum_{i=2}^k L_{\text{Вн.}} = \sum_{i=2}^k N_{\text{Вн.}} l_i = \sum_{i=2}^k \sum_{j=1}^{i-1} n_{ij} l_i, & (1) \\ \sum_{j=1}^{k-1} L_{\text{Вн.}(j)} = \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=j+1}^k n_{ij} l_i; & (2) \end{cases} \quad (13)$$

$$L_{\text{Пв.}} = \begin{cases} \sum_{j=1}^{k-1} L_{\text{Пв.}j} = \sum_{j=1}^{k-1} N_{\text{Пв.}j} l_j = \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=j+1}^k n_{ij} l_j, & (1) \\ \sum_{i=2}^k L_{\text{П}(i)\text{в.}} = \sum_{i=2}^k \sum_{j=1}^{i-1} n_{ij} l_j; & (2) \end{cases} \quad (14)$$

- у стані «до» (рівняння (15(1)) або у стані «після» (рівняння (16(2))) в  $N_{\text{Н}}$  одиниць, а також у стані «після» (рівняння (16(1)) або у стані «до» (рівняння (15(2))) в  $N_3$  одиниць:

$$L_{\text{Н}} = \begin{cases} \sum_{i=1}^k L_{\text{Н}i} = \sum_{i=1}^k N_{\text{Н}i} l_i = \sum_{i=1}^k n_{ii} l_i, & (1) \\ \sum_{j=1}^k L_{\text{Н}j} = \sum_{j=1}^k n_{jj} l_j, & (2) \\ L_{\text{Н}} = L_3. & (3) \end{cases} \quad (15)$$

$$L_3 = \begin{cases} \sum_{j=1}^k L_{3j} = \sum_{j=1}^k N_{3j} l_j = \sum_{j=1}^k n_{jj} l_j, & (1) \\ \sum_{i=1}^k L_{3i} = \sum_{i=1}^k n_{ii} l_i & (2) \\ L_3 = L_{\text{Н}}. & (3) \end{cases} \quad (16)$$

Порівняння даних складових балансу, виконуване так, як це запропоновано нижче в таблиці, дає такі видові категорії показників міжрівневого руху (балансу): відносні – коефіцієнти структури (КС), інтенсивності (КІ) і координації (КК); середні величини структури (СВС) (гр. 2).

Усі показники сформовані в окремих видових категоріях руху, пересування (I) та нерухомості (II), а деякі з них представляють обидві ці категорії разом (III). У кожній із них показники згруповані за критеріями «ступінь агрегування» (гр. 1), «межі руху» (гр. 3), а також за критерієм «ознаки руху» відповідно до того, в якому стані об'єкта вимірюється ознака: у лівому стовпці гр. 3 – у стані «до»; у правому стовпці гр. 3 – у стані «після».

Кожен коефіцієнт структури або інтенсивності характеризує питому вагу порівнюваної складової балансу (чисельник коефіцієнта) в розмірі складової балансу-бази порівняння (знаменник коефіцієнта), в який входить величина чисельника разом з іншими однотипними складовими. На відміну від коефіцієнтів структури, чисельник і знаменник якого належать до однієї категорії пересування (нерухомості), знаменник коефіцієнта інтенсивності поєднує у своєму складі величини, що належать до альтернативних складових руху, вимірюваних у стані об'єкта «до» або «після». Коефіцієнти координації характеризують співвідношення або однойменних різнорівневих складових балансу з тої чи іншої категорії руху, або складових, зокрема вимірюваних на тому ж самому рівні ознаки, представлених альтернативними складовими руху у стані об'єкта «до» або «після». Коефіцієнти структури й інтенсивності є завжди більшими ніж 0 і не перевищують 1. Сума всіх значень того чи іншого коефіцієнта структури пересування (нерухомості) відповідно до умови нормування завжди дорівнює 1. Щодо коефіцієнтів координації, вони набувають будь-яких невід'ємних значень, які не перевищують 1, якщо значення порівнюваної складової балансу не перевищує значення складової балансу-бази порівняння, й є не меншими ніж 1 в іншому випадку.

Середні арифметичні показники структури руху характеризують його як розмір ознаки, який рівною мірою припадає на кожну відповідну рухому (нерухому) одиницю об'єкта, яка є носієм цієї ознаки, вимірюваної в цих одиниць або у стані об'єкта «до» (показники, розміщені в лівому стовпці гр. 3), або у його стані «після» (показники, розміщені в правому стовпці гр. 3). Для рівневих середніх показників руху, які визначаються через значення ознаки, вимірюваної в одиниць об'єкта на опорному рівні, властива їх рівність відповідному рівневому значенню ознаки, чого не можна сказати про випадок їх визначення через позарівневі значення ознаки (поза опорним рівнем) у категорії руху «пересування», і тоді шукана середня величина може визначатися в межах від мінімаль-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

ного до максимального рівневого значення ознаки, вимірюваної у відповідних рухомих одиницях об'єкта. Остання особливість властива і для всіх загальних середніх показників.

Таблиця

Агреговані показники міжрівневого руху одиниць об'єкта

Вид	Показник	Категорія руху, яка представляє порівнювану складову балансу	
1	2	3	
I.	<i>Пересування (i = 1, 2, ..., k; j = 1, 2, ..., k; i ≠ j)</i>		
Парний	x	вибуття $n_{ij}$ од. з рівня $i$ на рівень $j$	прибуття $n_{ij}$ од. на рівень $j$ з рівня $i$
	<i>Рівневий: у рівневих і в &lt;позарівневих&gt; значеннях ознаки</i>		
	КІ	$\Omega_{1Bij} = L_{Bij} : L_{i0} = n_{ij} : N_{i0}$ $\Omega_{1Bi(j)} = L_{Bij} : L_{(j)0}$	$\Omega_{1Пij} = L_{Пij} : L_{j1} = n_{ij} : N_{j1}$ $\Omega_{1П(i)} = L_{Пij} : L_{(i)1}$
	КС	$\Omega_{2Bij} = L_{Bij} : L_{Bi} = n_{ij} : N_{Bi}$ $\Omega_{2Bi(j)} = L_{Bij} : L_{B(j)}$	$\Omega_{2Пij} = L_{Пij} : L_{Пj} = n_{ij} : N_{Пj}$ $\Omega_{2П(i)} = L_{Пij} : L_{П(i)}$
		за напрямом (прогресивного і регресивного)	
		$\Omega_{3Bij} = \begin{cases} L_{Bij} : L_{Biv.} = \{n_{ij} : N_{Biv.}\} \\ L_{Bij} : L_{Bin.} = \{n_{ij} : N_{Bin.}\} \end{cases}$ $\Omega_{3Bi(j)} = \begin{cases} L_{Bij} : L_{Bv.(j)} \\ L_{Bij} : L_{Bn.(j)} \end{cases}$	$\Omega_{3Пij} = \begin{cases} L_{Пij} : L_{Пн.j} = \{n_{ij} : N_{Пн.j}\} \\ L_{Пij} : L_{Пв.j} = \{n_{ij} : N_{Пв.j}\} \end{cases}$ $\Omega_{3П(i)} = \begin{cases} L_{Пij} : L_{П(i)н.} \\ L_{Пij} : L_{П(i)в.} \end{cases}$
	КК	$\hat{C}_{Bij}^{pm} = L_{Bpm} : L_{Bij}  _{i \neq p; j \neq m}$	$\hat{C}_{Пij}^{pm} = L_{Пpm} : L_{Пij}  _{i \neq p; j \neq m}$
	<i>Груповий</i>		
	КС	$\Omega_{4Bij} \equiv \Omega_{4Bi(j)} = L_{Bij} : L_B$	$\Omega_{4Пij} \equiv \Omega_{4П(i)} = L_{Пij} : L_P$
		за напрямом (прогресивного і регресивного)	
	$\Omega_{5Bij} \equiv \Omega_{5Bi(j)} = \begin{cases} L_{Bij} : L_{Bv.} \\ L_{Bij} : L_{Bn.} \end{cases}$	$\Omega_{5Пij} \equiv \Omega_{5П(i)} = \begin{cases} L_{Пij} : L_{Пн.} \\ L_{Пij} : L_{Пв.} \end{cases}$	
<i>Загальний</i>			
КІ	$\Omega_{6Bij} \equiv \Omega_{6Bi(j)} = L_{Bij} : L_0$	$\Omega_{6Пij} \equiv \Omega_{6П(i)} = L_{Пij} : L_1$	
Частинний	x	вибуття $N_{Bi}$ од. з рівня $i$ на будь-який інший рівень або $N_{Пj}$ од. на рівень $j$ з будь-якого іншого рівня	прибуття $N_{Пj}$ од. на рівень $j$ з будь-якого іншого рівня або $N_{Bi}$ од. з рівня $i$ на будь-який інший рівень
	<i>Рівневий: у рівневих і в &lt;позарівневих&gt; значеннях ознаки</i>		
	КІ	$\Omega_{1Bi} = L_{Bi} : L_{i0} = N_{Bi} : N_{i0}$ $\Omega_{1B(j)} = L_{B(j)} : L_{(j)0}$	$\Omega_{1Пj} = L_{Пj} : L_{j1} = N_{Пj} : N_{j1}$ $\Omega_{1П(i)} = L_{П(i)} : L_{(i)1}$
	КК	$\hat{C}_{Bi}^p = L_{Bp} : L_{Bi}  _{i \neq p}$ $\hat{C}_{B(j)}^p = L_{B(p)} : L_{B(j)}  _{j \neq p}$	$\hat{C}_{Пj}^p = L_{Пp} : L_{Пj}  _{j \neq p}$ $\hat{C}_{П(i)}^p = L_{П(p)} : L_{П(i)}  _{i \neq p}$
	СВС	$\bar{L}_{Bi} = L_{Bi} : N_{Bi} = l_i$ $\bar{L}_{B(j)} = L_{B(j)} : N_{B(j)} = L_{B(j)} : N_{Пj}$	$\bar{L}_{Пj} = L_{Пj} : N_{Пj} = l_j$ $\bar{L}_{П(i)} = L_{П(i)} : N_{П(i)} = L_{П(i)} : N_{Bi}$
	<i>Груповий</i>		
	КС	$\Omega_{2Bi} = L_{Bi} : L_B; \Omega_{2B(j)} = L_{B(j)} : L_B$	$\Omega_{2Пj} = L_{Пj} : L_P; \Omega_{2П(i)} = L_{П(i)} : L_P$
	<i>Загальний</i>		
	КІ	$\Omega_{3Bi} = L_{Bi} : L_0; \Omega_{3B(j)} = L_{B(j)} : L_0$	$\Omega_{3Пj} = L_{Пj} : L_1; \Omega_{3П(i)} = L_{П(i)} : L_1$
	x	вибуття $N_B$ од. з будь-якого рівня	прибуття $N_P$ од. на будь-який рівень
КІ	$\Omega_B = L_B : L_0$	$\Omega_P = L_P : L_1$	
СВС	$\bar{L}_B = L_B : N_B = L_B : N_P$	$\bar{L}_P = L_P : N_P = L_P : N_B$	
x	прогресивного (регресивного) вибуття $N_{Biv.}$ ( $N_{Bin.}$ ) од. з рівня $i$ на будь-який вищий (нижчий) рівень або $N_{Пн.}$ ( $N_{Пв.}$ ) од. на рівень $j$ з будь-якого нижчого (вищого) рівня	прогресивного (регресивного) прибуття $N_{Пн.j}$ ( $N_{Пв.j}$ ) од. на рівень $j$ з будь-якого нижчого (вищого) рівня або $N_{Biv.}$ ( $N_{Bin.}$ ) од. з рівня $i$ на будь-який вищий (нижчий) рівень	

1	2	3
<i>Рівневий: у рівневих і в &lt;позарівневих&gt; значеннях ознаки</i>		
КІ	$\begin{cases} \Omega_{1Biv.} = L_{Biv.} : L_{i0} = N_{Biv.} : N_{i0} \\ \Omega_{1BiH.} = L_{BiH.} : L_{i0} = N_{BiH.} : N_{i0} \\ \Omega_{1Bv.(j)} = L_{Bv.(j)} : L_{(j)0} \\ \Omega_{1Bh.(j)} = L_{Bh.(j)} : L_{(j)0} \end{cases}$	$\begin{cases} \Omega_{1Пн. j} = L_{Пн. j} : L_{j1} = N_{Пн. j} : N_{j1} \\ \Omega_{1Пв. j} = L_{Пв. j} : L_{j1} = N_{Пв. j} : N_{j1} \\ \Omega_{1П(i)н.} = L_{П(i)н.} : L_{(i)1} \\ \Omega_{1П(i)в.} = L_{П(i)в.} : L_{(i)1} \end{cases}$
КС	$\begin{cases} \Omega_{2Biv.} = L_{Biv.} : L_{Bi} = N_{Biv.} : N_{Bi} \\ \Omega_{2BiH.} = L_{BiH.} : L_{Bi} = N_{BiH.} : N_{Bi} \\ \Omega_{2Bv.(j)} = L_{Bv.(j)} : L_{B(j)} \\ \Omega_{2Bh.(j)} = L_{Bh.(j)} : L_{B(j)} \end{cases}$	$\begin{cases} \Omega_{2Пн. j} = L_{Пн. j} : L_{Пj} = N_{Пн. j} : N_{Пj} \\ \Omega_{2Пв. j} = L_{Пв. j} : L_{Пj} = N_{Пв. j} : N_{Пj} \\ \Omega_{2П(i)н.} = L_{П(i)н.} : L_{П(i)} \\ \Omega_{2П(i)в.} = L_{П(i)в.} : L_{П(i)} \end{cases}$
КК	$\begin{cases} \hat{C}_{Bv.}^p = L_{Bv.p} : L_{Biv.}  _{i \neq p} \\ \hat{C}_{BiH.}^p = L_{BiH.p} : L_{BiH.}  _{i \neq p} \\ \hat{C}_{Bp.}^B = L_{Bp.p} : L_{Bp.h.} ; \hat{C}_{Bp.h.}^B = L_{Bp.h.} : L_{Bp.p} \\ \hat{C}_{Bv.(j)}^p = L_{Bv.(p)} : L_{Bv.(j)}  _{j \neq p} \\ \hat{C}_{Bh.(j)}^p = L_{Bh.(p)} : L_{Bh.(j)}  _{j \neq p} \\ \hat{C}_{Bh.(p)}^B = L_{Bv.(p)} : L_{Bh.(p)} ; \\ \hat{C}_{Bh.(p)}^H = L_{Bh.(p)} : L_{Bv.(p)} \end{cases}$	$\begin{cases} \hat{C}_{Пн.}^p = L_{Пн.p} : L_{Пн. j}  _{j \neq p} \\ \hat{C}_{Пв.}^p = L_{Пв.p} : L_{Пв. j}  _{j \neq p} \\ \hat{C}_{П.}^B = L_{Пн.p} : L_{Пв.p} ; \hat{C}_{П.}^H = L_{Пв.p} : L_{Пн.p} \\ \hat{C}_{П(i)н.}^p = L_{П(p)н.} : L_{П(i)н.}  _{i \neq p} \\ \hat{C}_{П(i)в.}^p = L_{П(p)в.} : L_{П(i)в.}  _{i \neq p} \\ \hat{C}_{П(p)н.}^H = L_{П(p)н.} : L_{П(p)в.} ; \\ \hat{C}_{П(p)в.}^H = L_{П(p)в.} : L_{П(p)н.} \end{cases}$
СВС	$\begin{cases} \bar{L}_{Biv.}  _{i=1, k-1} = L_{Biv.} : N_{Biv.} = l_i \\ \bar{L}_{BiH.}  _{i=2, k} = L_{BiH.} : N_{BiH.} = l_i \\ \bar{L}_{Bv.(j)}  _{j=2, k} = L_{Bv.(j)} : N_{Bv.(j)} \equiv L_{Bv.(j)} : N_{Пн. j} \\ \bar{L}_{Bh.(j)}  _{j=1, k-1} = L_{Bh.(j)} : N_{Bh.(j)} \equiv L_{Bh.(j)} : N_{Пв. j} \end{cases}$	$\begin{cases} \bar{L}_{Пн. j}  _{j=2, k} = L_{Пн. j} : N_{Пн. j} = l_j \\ \bar{L}_{Пв. j}  _{j=1, k-1} = L_{Пв. j} : N_{Пв. j} = l_j \\ \bar{L}_{П(i)н.}  _{i=1, k-1} = L_{П(i)н.} : N_{П(i)н.} \equiv L_{П(i)н.} : N_{Biv.} \\ \bar{L}_{П(i)в.}  _{i=2, k} = L_{П(i)в.} : N_{П(i)в.} \equiv L_{П(i)в.} : N_{BiH.} \end{cases}$
<i>Груповий</i>		
КІ	$\begin{cases} \Omega_{3Biv.} = L_{Biv.} : L_B \\ \Omega_{3BiH.} = L_{BiH.} : L_B \\ \Omega_{3Bv.(j)} = L_{Bv.(j)} : L_B \\ \Omega_{3Bh.(j)} = L_{Bh.(j)} : L_B \end{cases}$	$\begin{cases} \Omega_{3Пн. j} = L_{Пн. j} : L_{Пj} \\ \Omega_{3Пв. j} = L_{Пв. j} : L_{Пj} \\ \Omega_{3П(i)н.} = L_{П(i)н.} : L_{Пj} \\ \Omega_{3П(i)в.} = L_{П(i)в.} : L_{Пj} \end{cases}$
КС	$\begin{cases} \Omega_{4Biv.} = L_{Biv.} : L_{Bv.} \\ \Omega_{4BiH.} = L_{BiH.} : L_{Bv.} \\ \Omega_{4Bv.(j)} = L_{Bv.(j)} : L_{Bv.} \\ \Omega_{4Bh.(j)} = L_{Bh.(j)} : L_{Bv.} \end{cases}$	$\begin{cases} \Omega_{4Пн. j} = L_{Пн. j} : L_{Пн.} \\ \Omega_{4Пв. j} = L_{Пв. j} : L_{Пв.} \\ \Omega_{4П(i)н.} = L_{П(i)н.} : L_{Пн.} \\ \Omega_{4П(i)в.} = L_{П(i)в.} : L_{Пв.} \end{cases}$
<i>Загальний</i>		
КІ	$\begin{cases} \Omega_{5Biv.} = L_{Biv.} : L_0 \\ \Omega_{5BiH.} = L_{BiH.} : L_0 \\ \Omega_{5Bv.(j)} = L_{Bv.(j)} : L_0 \\ \Omega_{5Bh.(j)} = L_{Bh.(j)} : L_0 \end{cases}$	$\begin{cases} \Omega_{5Пн. j} = L_{Пн. j} : L_1 \\ \Omega_{5Пв. j} = L_{Пв. j} : L_1 \\ \Omega_{5П(i)н.} = L_{П(i)н.} : L_1 \\ \Omega_{5П(i)в.} = L_{П(i)в.} : L_1 \end{cases}$
х	прогресивного (регресивного) вибуття $N_{Bv.}$ ( $N_{Bh.}$ ) од. з будь-якого рівня	прогресивного (регресивного) прибуття $N_{Пн.}$ ( $N_{Пв.}$ ) од. на будь-який рівень
<i>Груповий</i>		
КС	$\Omega_{1Bv.} = L_{Bv.} : L_B ; \Omega_{1Bh.} = L_{Bh.} : L_B$	$\Omega_{1Пн.} = L_{Пн.} : L_{Пj} ; \Omega_{1Пв.} = L_{Пв.} : L_{Пj}$
КК	$\hat{C}_{Bv.}^B = L_{Bv.} : L_{Bh.} ; \hat{C}_{Bh.}^B = L_{Bh.} : L_{Bv.}$	$\hat{C}_{Пн.}^B = L_{Пн.} : L_{Пв.} ; \hat{C}_{Пв.}^B = L_{Пв.} : L_{Пн.}$
<i>Загальний</i>		
КІ	$\Omega_{2Bv.} = L_{Bv.} : L_0 ; \Omega_{2Bh.} = L_{Bh.} : L_0$	$\Omega_{2Пн.} = L_{Пн.} : L_1 ; \Omega_{2Пв.} = L_{Пв.} : L_1$
СВС	$\begin{cases} \bar{L}_{Bv.} = L_{Bv.} : N_{Bv.} \equiv L_{Bv.} : N_{Пн.} \\ \bar{L}_{Bh.} = L_{Bh.} : N_{Bh.} \equiv L_{Bh.} : N_{Пв.} \end{cases}$	$\begin{cases} \bar{L}_{Пн.} = L_{Пн.} : N_{Пн.} \equiv L_{Пн.} : N_{Bv.} \\ \bar{L}_{Пв.} = L_{Пв.} : N_{Пв.} \equiv L_{Пв.} : N_{Bh.} \end{cases}$
II.	<i>Нерухомості (i = 1, 2, ..., k; j = 1, 2, ..., k; i = j)</i>	
х	не переходу $n_{ij}$ ( $N_{Hi}$ або $N_{3j}$ ) од. з рівня (i або j)	залишення $n_{ij}$ ( $N_{3j}$ або $N_{Hi}$ ) од. на рівні (j або i)
<i>Рівневий: у рівневих і в &lt;позарівневих&gt; значеннях ознаки</i>		
КІ	$\begin{cases} \Omega_{1Hi} = L_{Hi} : L_{i0} = N_{Hi} : N_{i0} \\ \Omega_{1Hj} = L_{Hj} : L_{(j)0} \end{cases}$	$\begin{cases} \Omega_{13j} = L_{3j} : L_{j1} = N_{3j} : N_{j1} \\ \Omega_{13(i)} = L_{3i} : L_{(i)1} \end{cases}$
КК	$\hat{C}_{Hi}^p = L_{Hp} : L_{Hi}  _{i \neq p}$	$\hat{C}_{3j}^p = L_{3p} : L_{3j}  _{j \neq p}$
СВС	$\begin{cases} \bar{L}_{Hi} = L_{Hi} : N_{Hi} = l_i ; \\ \bar{L}_{Hj} = L_{Hj} : N_{Hj} \equiv L_{Hj} : N_{3j} = l_j \end{cases}$	$\begin{cases} \bar{L}_{3j} = L_{3j} : N_{3j} = l_j ; \\ \bar{L}_{3i} = L_{3i} : N_{3i} \equiv L_{3i} : N_{Hi} = l_i \end{cases}$

Закінчення табл.

1	2	3	
	<i>Груповий</i>		
	КС	$\Omega_{2Hi} = L_{Hi} : L_H \equiv \Omega_{2H(j)} = L_{Hj} : L_H \equiv \Omega_{23j} = L_{3j} : L_3 \equiv \Omega_{23(i)} = L_{3i} : L_3$	
	<i>Загальний</i>		
	КІ	$\Omega_{3Hi} = L_{Hi} : L_0 \equiv \Omega_{3H(j)} = L_{Hj} : L_0$	$\Omega_{33j} = L_{3j} : L_1 \equiv \Omega_{33(i)} = L_{3i} : L_1$
Частинний	х	не переходу $N_H$ од. з будь-якого рівня	залишення $N_3$ од. на будь-якому рівні
	<i>Загальний</i>		
	КІ	$\Omega_H = L_H : L_0$	$\Omega_3 = L_3 : L_1$
	СВС	$\bar{L}_H = L_H : N_H \equiv L_H : N_3$	$\bar{L}_3 = L_3 : N_3 \equiv L_3 : N_H$
III.	<i>Пересування і нерухомості (міжрівневого руху)</i>		
Частковий	х	вибуття $N_{Bp}$ од. та не переходу $N_{Pr}$ од. з рівня $p$	прибуття $N_{Pr}$ од. на рівень та залишення $N_{3p}$ од. на рівні $p$
	<i>Рівневий: у рівневих і в &lt;позарівневих&gt; значеннях ознаки</i>		
	КК	$\hat{C}_{B_{Hp}} = L_{Bp} : L_{Hp}; \hat{C}_{H_{Bp}} = L_{Hp} : L_{Bp}$ $\hat{C}_{B_{H(p)}} = L_{B(p)} : L_{H(p)}; \hat{C}_{H_{B(p)}} = L_{H(p)} : L_{B(p)}$	$\hat{C}_{P_{3p}} = L_{Pr} : L_{3p}; \hat{C}_{3_{Pr}} = L_{3p} : L_{Pr}$ $\hat{C}_{P_{3(p)}} = L_{P(p)} : L_{3(p)}; \hat{C}_{3_{P(p)}} = L_{3(p)} : L_{P(p)}$
Частинний	х	вибуття $N_B$ од. та не переходу $N_H$ од. з будь-якого рівня	прибуття $N_{Pr}$ од. на будь-який рівень та залишення $N_3$ од. на будь-якому рівні
	<i>Груповий</i>		
	КК	$\hat{C}_{B_H} = L_B : L_H; \hat{C}_{H_B} = L_H : L_B$	$\hat{C}_{P_3} = L_{Pr} : L_3; \hat{C}_{3_{Pr}} = L_3 : L_{Pr}$

**Висновки відповідно до статті.** Завдяки моделі міжрівневого балансу, яка була синтезована раніше в агрегатній формі, вдалося сформулювати категорію агрегованих показників структури, інтенсивності та координації міжрівневого руху одиниць керованого структурованого об'єкта. Вони, разом з показниками рівневої структури об'єкта, її зміни та координації, а також балансними показниками пересування, які є предметом подальшого розв'язання даної проблеми, забезпечують всебічну оцінку наслідків і ефективності керуючого впливу на структурований об'єкт. В інформаційних системах оцінювання ефективності організації процесів з даними, здійснюване з використанням розглянутих показників, передбачає вимірювання величин ресурсних витрат щодо зберігання, обробки та передачі інформації з подальшим визначенням відповідних коефіцієнтів ефективності.

**Список використаних джерел**

1. Терехов Л. Л. Экономико-математические методы. Москва: Статистика, 1968. 360 с.
2. Статистика: підручник / С. С. Герасименко та ін.; за наук. ред. д-ра екон. наук С. С. Герасименка. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: КНЕУ, 2000. 467 с.
3. Вашків П. Г., Пастер П. І., Сторожук В. П., Ткач Є. І. Теорія статистики: навчальний посібник. Київ: Либідь, 2001. 320 с.
4. Глинский В. В., Ионин В. Г. Статистический анализ. Москва: Инфра-М, 2002. 241 с.
5. Орлов А. И. Прикладная статистика: учебник. Москва: Экзамен, 2006. 671 с.
6. Статистика: учебник / под ред. И. И. Елисеевой. Москва: Высшее образование, 2007. 566 с.
7. Теория статистики: учебник / под ред. Г. Л. Громько. Москва: Инфра-М, 2010. 414 с.
8. Ковалевский Г. В. Статистика: учебник. Харьков: ХНАГХ, 2012. 445 с.
9. Гладун И. В. Статистика. Москва: КноРус, 2016. 232 с.
10. Дубягін О. Б. Модель міжрівневого балансу: агрегатна форма. *Технічні науки та технології*: науковий журнал. 2018. № 3 (13). С. 96-104.

**References**

1. Terekhov, L. L. (1968). *Ekonomiko-matematicheskie metody [Economic and mathematical methods]*. Moscow: Statistika [in Russian].
2. Herasyenko, S. S. (Ed.). (2000). *Statystyka [Statistics]*. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
3. Vashkiv, P. H., Paster, P. I., Storozhuk, V. P., Tkach Ye. I. (2001). *Teoriia statystyky [Statistics Theory]*. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].

4. Glinskii, V. V., Ionin, V. G. (2002). *Statisticheskii analiz [Statistical analysis]*. Moscow: Infra-M [in Russian].
5. Orlov, A. Y. (2006). *Prikladnaia statistika [Applied statistics]*. Moscow: Ekzamen [in Russian].
6. Eliseeva, I. I. (Ed.). (2007). *Statistika [Statistics]*. Moscow: Vysshee obrazovanie [in Russian].
7. Gromyko, G. L. (Ed.). (2010). *Teoriia statistiki [Theory of Statistics]*. Moscow: Infra-M [in Russian].
8. Kovalevskii, G. V. (2012). *Statistika [Statistics]*. Kharkov: KhNAGKh [in Ukrainian].
9. Gladun, I. V. (2016). *Statistika [Statistics]*. Moscow: KnoRus [in Russian].
10. Dubiahin, O. B. (2018). *Model mizhrivnevoho balansu: ahrehatna forma [Inter-level balance model: aggregate form]*. Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].

UDC 311+512

*Alexander Dubyagin, Volodymyr Guryev, Irina Firsova*

### INTER-LEVEL BALANCE: INDICATORS OF STRUCTURE, INTENSITY AND COORDINATION OF OBJECT UNITS MOVEMENT – AGGREGATE FORM

**Urgency of the research.** The indicators of the structure, intensity and coordination of the inter-level movement of object units, as one of the species categories of inter-level balance indicators, provide a comprehensive quantitative assessment of the structural shifts of a controlled object, as well as the effects of a controlling influence on an object according to a feature measured by its units in the relationship scale.

**Target setting.** The existing indicators of inter-level balance presented before this through its unweighted (non-aggregated) components do not allow such an assessment.

**Actual scientific researches and issues analysis.** The calculation of non-aggregated indicators of the structure, intensity and coordination of inter-level movement is carried out through the values of the number of movable and immovable units of the object.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** Evaluation of the effects of a control action on a structured object, performed in the values of the measured attribute and explained by the inter-level movement of the units of this object.

**The research objective.** Formulate indicators of the structure, intensity and coordination of inter-level movement in the system of indicators of inter-level balance by formulating the rules for calculating them in aggregate form.

**The statement of basic materials.** The representation of the components of the inter-level balance model in an aggregated form makes it possible to evaluate the consequences of the controlling influence on an object at different levels of their systematization in the model. As for the comprehensive description of the results of such an impact and the corresponding structural shifts of the object, in the system of aggregated balance indicators a significant place is occupied by the indicators of structure, intensity and coordination of the inter-level movement of the object units. They are formulated as absolute, relative and average values in terms of aggregate values of a feature, measured at a particular level in movable and immovable units of an object.

**Conclusions.** The proposed indicators of inter-level balance are important for assessing the effectiveness of the control effect on a structured object.

**Keywords:** aggregates; intensity; managed object; coordination; inter-level movement; structure.

**Table:** 1. **References:** 10.

**Дубягін Олександр Борисович** – кандидат технічних наук, доцент, м. Чернігів, Україна.

**Dubyagin Alexander** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv, Ukraine.

**E-mail:** aleksandrdubagin@gmail.com

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9512-242X>

**ResearcherID:** G-9774-2014

**Гур'єв Володимир Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри кібербезпеки та математичного моделювання, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Guryev Volodymyr** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Cybersecurity and Mathematical Modeling Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** guryev54@ukr.net

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9507-5408>

**ResearcherID:** G-9807-2016

**Фірсова Ірина Валеріївна** – старший викладач кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Firsova Irina** – Senior Lecturer of Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** I.firsova@ukr.net

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-1126-1516>

**ResearcherID:** R-4243-2016