

УДК 303.732+510.67

DOI: 10.25140/2411-5363-2021-2(24)-106-113

*Олександр Дубягін, Володимир Гур'єв, Ірина Фірсова***МЕТОДИКА АНАЛІЗУ СТРУКТУРНИХ ЗРУШЕНЬ КЕРОВАНОГО ОБ'ЄКТА,  
ПРЕДСТАВЛЕНИХ МОДЕЛЛЮ МІЖРІВНЕВОГО РУХУ ЙОГО ОДИНИЦЬ**

У роботі сформульовано методику аналізу структурних зрушень керованого об'єкта, одиниці якого зазнають міжрівневий рух щодо ознаки, вимірюваної у них в шкалі відношень. Концептуальними основами методики є передумови застосування балансового методу, форма моделі балансу та критерії систематизації показників, через які здійснюватиметься аналіз. Альтернативний характер руху, його збалансованість, стійкість об'єкта та зважений характер вимірювання зіставлених величин обумовлюють застосування в аналізі моделі міжрівневого балансу. Порядок складання моделі та сформульовані на її основі показники, якими оцінюються наслідки керуючого впливу на об'єкт, визначають послідовність і зміст етапів аналізу.

**Ключові слова:** аналіз; модель балансу; керований об'єкт; концептуальні основи; міжрівневий рух; передумови; система показників; структурні зрушення.

Табл.: 1. Рис.: 2. Бібл.: 10.

**Актуальність теми дослідження.** У задачах оцінювання ефективності управління об'єктами, що зазнають структурні зрушення через зовнішній вплив, актуальним є вибір методу та створення відповідної схеми аналізу. Якщо об'єкт представлений однорідною ознакою та має сталий склад одиниць, які зазнають міжрівневий рух і у яких ця ознака вимірюється в шкалі відношень до та після зовнішнього впливу, то для розв'язання подібних задач можна застосувати балансовий метод аналізу, взявши за основу модель міжрівневого балансу. Вона є універсальною для управлінських задач будь-якого галузевого спрямування. Так, в інформаційних системах (ІС) однією з найважливіших задач управління є підвищення ефективності використання ресурсів ІС за такими критеріями ефективності, як час і потужність, особливо, коли ІС виглядає як сукупність елементів технологічного призначення. При цьому технологія може бути визначена як процес перетворення вихідних продуктів (матеріалів, сировини) в потрібні з використанням певного набору інструментів, обладнання та інших ресурсів: матеріальних, інтелектуальних, фінансових [8, с. 20-34]. Зрозуміло, що відсутність або нестаток будь-якого ресурсу затримує або робить неможливим виконання етапу або всього процесу в цілому. У той же час надлишкові ресурси знижують його ефективність. У зв'язку з цим при формуванні технології часто виникають і повинні розв'язуватися оптимізаційні задачі [2, с. 356-366; 3], зокрема з використанням оптимізаційної моделі міжрівневого балансу, створення якої є одним з актуальних завдань подальшого дослідження та має виконуватися на основі представленої методики.

**Постановка проблеми.** В існуючих методиках оцінки структурних зрушень об'єкта, як ключовий, фактор пересування одиниць об'єкта з одного рівня ознаки на інший не враховується. На цей час авторами викладені окремі аспекти методики їх вимірювання, але в цілісному вигляді вона дається саме в цій роботі. Для цього результати структурних зрушень мають розглядатися як втрати або поповнення об'єкта щодо ознаки, вимірюваної у його одиниць, і визначатися як зважені (агреговані) показники міжрівневого балансу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Цілісне уявлення методики аналізу структурних зрушень керованого об'єкта стає можливим завдяки сформульованим раніше її складовим: моделі міжрівневого балансу, синтезованої та запровадженої в агрегатній формі [10, с. 8-11]; системі показників міжрівневого балансу, сформованих за критеріями класифікації міжрівневого руху «ступінь агрегування», «межі руху», «ознаки руху» [10, с. 12] та відповідно до загальних правил їх обчислення [4-7]. Агреговані показники балансу визначаються через значення рівневої чисельності одиниць об'єкта та через значення вимірюваної у них ознаки. Аналогом моделі міжрівневого балансу є модель міжгалузевого балансу, запропонована В.В. Леонтєвим [1, с. 8-18].

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Це – концептуальні основи запровадження методики аналізу структурних зрушень керованого об'єкта.

**Постановка завдання (мета статті).** Сформулювати методику аналізу структурних зрушень керованого об'єкта, а послідовність і зміст етапів аналізу обґрунтувати відповідними передумовами застосування балансового методу й особливостями складання міжрівневого балансу.

**Виклад основного матеріалу.** Концептуальними основами створюваної методики є передумови застосування балансового методу в аналізі структурних зрушень керованого об'єкта, форма моделі балансу та критерії систематизації показників, через які здійснюватиметься аналіз.

Формулювання передумов застосування балансового методу пов'язано з предметом і метою дослідження.

Балансовий метод – це метод, в якому зіставляються системи взаємопов'язаних показників, що врівноважують одна іншу, наприклад: ресурси та їх використання, виробництво і споживання, грошові доходи і витрати, активи та пасиви, виробництво і розподіл тощо, - шляхом складання таких балансів (балансових моделей), як натуральні (матеріальні), вартісні (грошові), трудові, галузеві та міжгалузеві [9, с. 354].

Якщо предметом дослідження стають структурні зрушення керованого об'єкта, представленого однорідною ознакою, покладеною в основу групування його одиниць в  $k$ -рівневій шкалі відношень та вимірюваною у них до (стан «до») та після (стан «після») зовнішнього впливу, то зіставляваними є показники, якими характеризується міжрівневий рух одиниць цього об'єкта при його переході зі стану «до» у стан «після», а модель, що дозволяє їх визначати, – це модель міжрівневого балансу [10, с. 8-21].

Оскільки результатом структурних зрушень об'єкта є, в першу чергу, два протилежні його стани, пов'язані між собою міжрівневим рухом його одиниць, як «відбитком» керуючого впливу, то й перша передумова застосування даної моделі – це *альтернативний характер руху одиниць об'єкта*, представлених значеннями  $n_{ij}$  їх чисельності. З одного боку, це одиниці, що зазнають «міжрівневе пересування» – між рівнем  $i$  у стані «до» та рівнем  $j$  у стані «після» ( $i \neq j; i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, k$ ). З іншого боку, це одиниці з категорії «рівнева нерухомість» ( $i = j$ ). В той же час, обидві групи одиниць можна також представити альтернативними категоріями руху: першу – поділивши на одиниці, «вибулі з рівня  $i$  на рівень  $j$ » та «прибулі на рівень  $j$  з рівня  $i$ »; другу – поділивши на одиниці, «що не перейшли з рівня  $i$ » й «що залишилися на рівні  $j$ ». Значення  $n_{ij}$  чисельності міжрівневих пересувань (рівневої нерухомості) є вихідними даними для складання балансу, а для їх визначення (формування) запропонована окрема процедура [10, с. 7-8]. В основу процедури покладено структурне групування в обох станах об'єкта з утворенням по  $k$  груп.

Друга передумова – це «збалансованість руху». Представлена у вигляді тотожностей

$$\begin{cases} N_B \equiv N_P; \\ N_{Вв.} \equiv N_{Пн.}; \\ N_{Вн.} \equiv N_{Пв.} \end{cases} \quad (1)$$

$$N_H \equiv N_3, \quad (2)$$

вона означає рівність сукупних значень групової чисельності наступних одиниць об'єкта: щодо їх пересування (збалансованість пересування – система тотожностей (1)) – вибулих («В») з будь-якого рівня ознаки та прибулих («П») на будь-який рівень ознаки, в тому числі прогресивно («Вв.» і «Пн.» – вибулі на будь-який вищий рівень і прибулі з будь-якого нижчого рівня) і регресивно («Вн.» і «Пв.» – вибулі на будь-який нижчий рівень і прибулі з будь-якого вищого рівня); щодо їх нерухомості (збалансованість нерухомості – тотожність (2)) – тих, що не перейшли («Н») з будь-якого рівня, і тих, що залишилися («З») на будь-якому рівні. Ототоженні величини визначаються звичайним додаванням (ті, що ліворуч –

«по  $i$ », а ті, що праворуч – «по  $j$ ») рівневих значень чисельності одиниць об'єкта з відповідних категорій руху:  $N_{Vi}$ ,  $N_{Вв.}$ ,  $N_{Вн.}$ ,  $N_{Hi}$  ( $N_{Vi} = N_{Вв.} + N_{Вн.}$ ) і  $N_{Пj}$ ,  $N_{Пн.}$ ,  $N_{Пв.}$ ,  $N_{Зj}$  ( $N_{Пj} = N_{Пн.} + N_{Пв.}$ ). Останні, у свою чергу, обчислюються додаванням певних значень  $n_{ij}$ , відповідно «по  $j$ » та «по  $i$ ». Ними, до того ж, пояснюється і рівнева структура об'єкта у станах «до» і «після»:  $N_{i0} = N_{Vi} + N_{Hi}$  і  $N_{j1} = N_{Пj} + N_{Зj}$  відповідно.

Третя передумова – «стійкість об'єкта» – означає незмінну загальну чисельність його одиниць в обох станах –  $N$ , що можна пояснити пересуванням і нерухомістю одиниць об'єкта, представлених, з одного боку, в категоріях руху «вибулі» та «не перейшли» з будь-якого рівня ознаки, а з іншого боку, в категоріях руху «прибулі» та «залишилися» на будь-який(-ому) рівень(-ні) ознаки:

$$N = N_B + N_H \equiv N_{\Pi} + N_3, \quad (3)$$

або

$$N = N_{Вв.} + N_{Вн.} + N_H \equiv N_{Пн.} + N_{Пв.} + N_3. \quad (4)$$

До того ж дана умова пояснюється рівневою структурою об'єкта у станах «до» і «після»:

$$N = \sum_{i=1}^k N_{i0} \equiv \sum_{j=1}^k N_{j1}. \quad (5)$$

Щоб отримати тотожності (1)-(5), достатньо скласти баланс в простій формі [10, с. 7, 239-275]. Виконання тотожностей (1) і (2) перевіряється по «нульових» значеннях різниці їх лівої та правої частин в результативній частині балансу.

З огляду на мету дослідження, а це – оцінка наслідків і ефективності керуючого впливу на об'єкт щодо ознаки, вимірюваної у його одиниць, ті ж самі одиниці об'єкта, що представляють його у стані «після» в порівнянні зі станом «до» як складові з альтернативних категорій руху, усі разом мають бути представлені сукупним значенням ознаки, вимірюваної у кожній з них на тому чи іншому рівні, окремо у станах «до» і «після».

Отже, четверта передумова – це *зважений характер вимірювання зіставляваних величин*. Через зважені складові балансу, в яких вагами по відношенню до рівневих значень ознаки  $l_i$  (у стані «до») і  $l_j$  (у стані «після») є значення  $n_{ij}$  чисельності міжрівневого пересування (рівневої нерухомості), здійснюється оцінка структури та структурних зрушень об'єкта. Щодо наслідків керуючого впливу, вона має ґрунтуватися на канонічних формах балансу, сформульованих як абсолютне сальдо міжрівневого пересування:

$$\Delta L_{ij} = \begin{cases} L_{\Pi ij} - L_{Вij} = n_{ij}l_j - n_{ij}l_i = n_{ij}(l_j - l_i), i \neq j, \\ L_{Зj} - L_{Hi} = 0, i = j; \end{cases} \quad (6)$$

$$\Delta L_p^{(ij)} = L_{\Pi ip} - L_{Вpj} = n_{ip}l_p - n_{pj}l_p = (n_{ip} - n_{pj})l_p; \quad (7)$$

$$\Delta L_{ij}^{(p)} = L_{\Pi pj} - L_{Вip} = n_{pj}l_j - n_{ip}l_i. \quad (8)$$

Вирази (6)-(8) характеризують втрати ( $\Delta < 0$ ) або поповнення ( $\Delta > 0$ ) об'єкта, які виникають через міжрівневе пересування його одиниць: між парою рівнів  $i$  та  $j$  (вираз (6)) – різницею сукупних значень ознаки, вимірюваної у  $n_{ij}$  одиниць на цих рівнях, як у прибулих на рівень  $j$  з рівня  $i$  в порівнянні з вибулими з рівня  $i$  на рівень  $j$ ; на рівні  $p$  (вираз (7)) або поза ним (вираз (8)) у його взаємодії з рівнями  $i$  та  $j$  – результатом міжрівневого заміщення одиниць, вибулих з рівня  $p$ , одиницями, прибулими на нього, коли ознака вимірюється у них на рівні  $p$  (у  $n_{ip}$  і  $n_{pj}$  одиниць) або поза ним (у  $n_{pj}$  і  $n_{ip}$  одиниць), на рівнях  $j$  й  $i$  відповідно ( $p = 1, 2, \dots, k$ ).

Сукупним результатом міжрівневого пересування одиниць об'єкта є його загальні втрати або поповнення –  $\Delta L$ . Сформульовані через канонічні форми (6)-(8), як узагальнене співвідношення балансу, вони дають уявлення про наслідки керуючого впливу на об'єкт, пояснювані міжрівневим рухом його одиниць:

$$\Delta L = \begin{cases} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k n_{ij} (l_j - l_i) \Big|_{j \neq i}, \\ \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^k n_{ij} (l_j - l_i) \Big|_{i \neq j}; \end{cases} \tag{9}$$

$$\Delta L = \sum_{p=1}^k \left( \sum_{i=1}^k n_{ip} \Big|_{i \neq p} - \sum_{j=1}^k n_{pj} \Big|_{j \neq p} \right) l_p; \tag{10}$$

$$\Delta L = \sum_{p=1}^k \left( \sum_{j=1}^k n_{pj} l_j \Big|_{j \neq p} - \sum_{i=1}^k n_{ip} l_i \Big|_{i \neq p} \right). \tag{11}$$

Саме через останню передумову й обумовлений вибір агрегатної форми моделі міжрівневого балансу, яка, на відміну від простої форми, уможливило визначення величини втрат (поповнення) об'єкта, пояснення внеску в них кожної складової міжрівневого пересування, в тому числі з боку прогресивно- та регресивно-рухомих одиниць об'єкта. Говорячи про останні, як про очікувані та не очікувані складові руху, через порівняння їх розміру з'являється можливість оцінювати ефективність керуючого впливу на об'єкт, регулювати його втратами (поповненням) [10, с. 209-227], а необхідні для цього значення абсолютного сальдо сукупних пересувань за напрямом ( $\Delta L_{\text{н.}}$ ,  $\Delta L_{\text{в.}}$ ,  $\Delta L_{\text{н./в.}}$  і  $\Delta L_{\text{в./н.}}$ ) визначаються в результативній частині балансу, разом з загальним сальдо об'єкта (рис. 1).

$i \backslash j$	$1 (l_1)$	$n_{ij}$	$L_{vij} (L_{ni}) = n_{ij} l_i$	$k (l_k)$	<b>II-й квадрант – складові балансу:</b> - <i>рівневі:</i> а) в рівневих значеннях ознаки – $L_0, L_{vi}, L_{vn}, L_{vn}, L_{ni};$ б) в поза рівневих значеннях ознаки – $L_{(i)1}, L_{(i)}, L_{(i)н.}, L_{(i)в.}, L_{3i};$ - <i>групові:</i> $L_v, L_{vn}, L_{vn}, L_n; L_{п.}, L_{пн.}, L_{пн.}, L_3;$ - <i>загальні:</i> $L_0; L_1.$
1 ( $l_1$ )	$n_{11}$	$L_{пij} (L_{3j}) = n_{ij} l_j$	$\Delta L_{ij} = n_{ij} (l_j - l_i)$	$n_{1k}$	
2 ( $l_2$ )	$n_{21}$			$n_{1k}$	
...	...			<b>I-й кв.</b>	
$k (l_k)$	$n_{k1}$			$n_{kk}$	<b>IV-й квадрант – «баланс» – абсолютне сальдо:</b> - об'єкта: $\Delta L = L_1 - L_0 \equiv L_{п.} - L_v;$ - <i>пересування:</i> а) <i>назустріч</i> – $\Delta L_{\text{н.}} = L_{пн.} - L_{vn}, \Delta L_{\text{в.}} = L_{пн.} - L_{vn};$ б) <i>навздогін</i> – $\Delta L_{\text{н./в.}} = L_{пн.} - L_{vn}, \Delta L_{\text{в./н.}} = L_{пн.} - L_{vn};$ - <i>нерухомості:</i> $L_3 - L_{п.} \equiv 0.$
<b>III-й квадрант – складові балансу:</b> - <i>рівневі:</i> а) в рівневих значеннях ознаки – $L_{ji}, L_{пj}, L_{пнj}, L_{пнj}, L_{3j};$ б) в поза рівневих значеннях ознаки – $L_{(j)0}, L_{B(j)}, L_{Bv(j)}, L_{Bn(j)}, L_{пj};$ - <i>групові:</i> $L_{п.}, L_{пн.}, L_{пн.}, L_3; L_v, L_{vn}, L_{vn}, L_n;$ - <i>загальні:</i> $L_1; L_0.$					

Рис. 1. Модель міжрівневого балансу, агрегатна форма (спрощене зображення)

Докладно агрегатна форма моделі розглядалася раніше [10, с. 8-21], тому для розуміння її можливостей щодо реалізації мети дослідження обмежимося переліком згаданих складових балансу та результативної його частини («баланс»), розташованих в чотирьох квадрантах відповідної балансово-розрахункової таблиці. Синтезуючи модель, слід розуміти, що взаємозв'язки складових балансу та спосіб їх обчислення пояснюються через матричний принцип подання цієї таблиці: I-й квадрант – матриця вихідних даних балансу ( $n_{ij}$ ), які в добутку з рівневими значеннями ознаки  $l_i$  і  $l_j$  представляють  $n_{ij}$  одиниць об'єкта сукупними її значеннями (агрегатами)  $L_{vij}$  ( $j \neq i$ ),  $L_{ni}$  ( $j = i$ ) і  $L_{пij}$  ( $i \neq j$ ),  $L_{3j}$  ( $i = j$ ) відповідно; II-й і III-й квадранти містять рівневі складові балансу, зважені значення кожної з яких в відповідних комірках таблиці визначаються додаванням певних значень агрегатів (в рядках й у стовпцях, «по  $i$ » та «по  $j$ »); IV-й квадрант – «баланс» – представляє різниці відповідних групових значень складових балансу з альтернативних категорій руху, з II-го і з III-го квадрантів.

Аналіз структури та структурних зрушень об'єкта й оцінка ефективності управління ним має здійснюватися на основі показників міжрівневого балансу. Незалежно від форми моделі, простої або агрегатної, відповідні показники балансу формулюються за єдиними принципами. Їх представлено у вигляді цілісної системи і докладно розглянуто в окремих їх видових категоріях, сформованих за критерієм «призначення»: «рівневої структури об'єкта, її зміни та координації» [10, с. 22-34], «структури, інтенсивності та координації

руху одиниць об'єкта» [10, с. 35-88], «балансові показники пересування одиниць об'єкта» [10, с. 89-208]. Повнота аналізу (оцінки) залежить від того, наскільки всебічно в кожній такій категорії показників застосовані способи їх обчислення («абсолютні», «відносні» та «середні» показники), а також враховані всі можливі конструкції зіставлення між собою складових балансу. Самі по собі, останні є абсолютними показниками міжрівневого руху. Будучи згрупованими відповідно до видових категорій міжрівневого руху, вони відбивають його систематизацію на показники, сформульовані через них в наступних видових конструкціях: за критерієм «ознаки руху» – показники «міжрівневого пересування» («вибуття з рівня» та «прибуття на рівень»), в т.ч. «прогресивного» і «регресивного», і «рівневої нерухомості» («не переходу з рівня» та «залишення на рівні»); за критерієм «ступінь агрегування руху» – «парні», «частинні» та «часткові» показники; за критерієм «межі руху» – «рівневі», «групові» та «загальні» показники.

Отже, в єдності представлених концептуальних основ застосування балансового методу методика аналізу структурних зрушень керованого об'єкта можна зобразити у вигляді наступної структурно-логічної схеми (рис. 2).

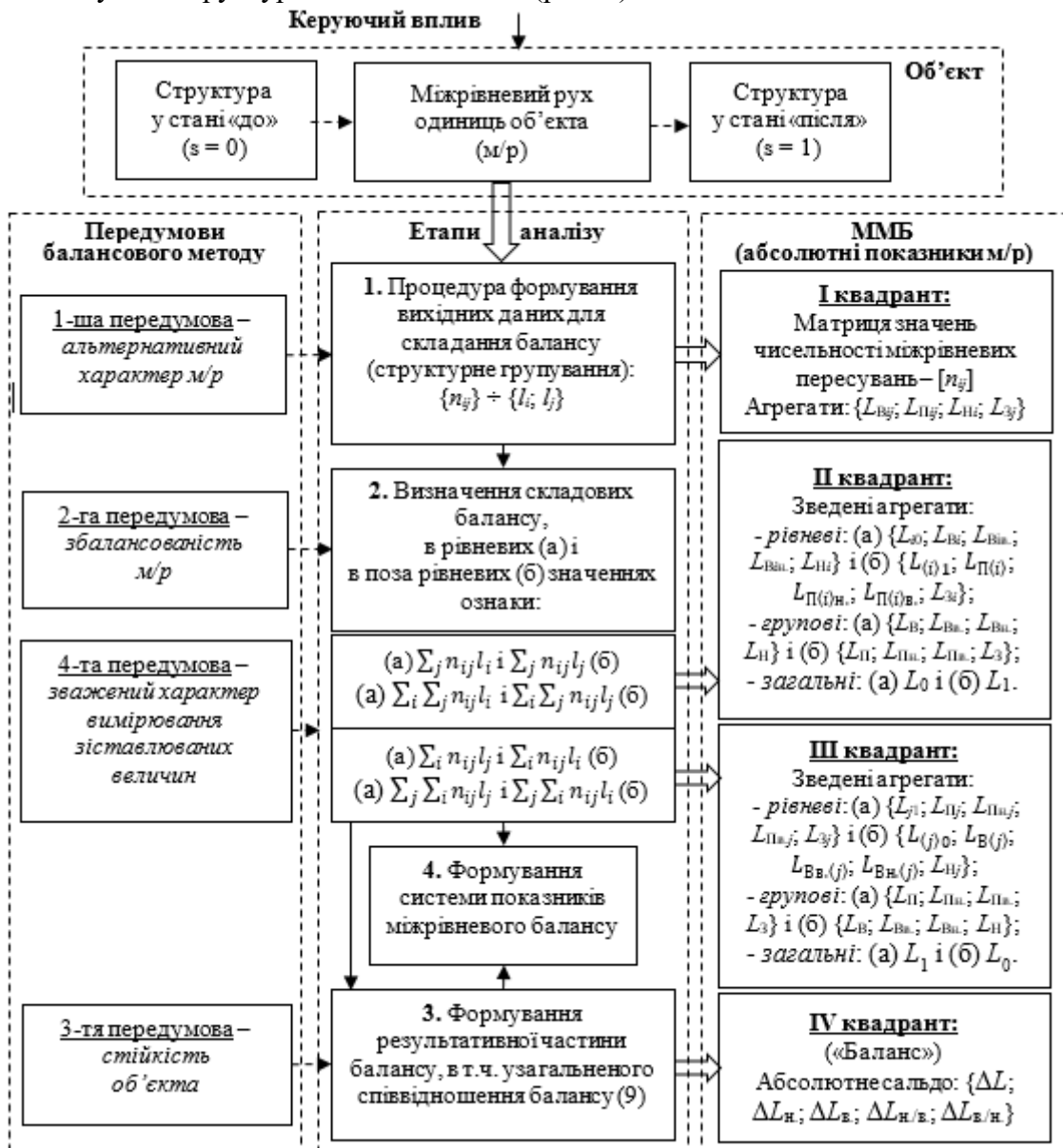


Рис. 2. Методики аналізу структурних зрушень керованого об'єкта

Розглянемо деякі особливості схеми її складових.

Четверта передумова концептуально поєднує всі етапи аналізу, і при складанні балансової моделі, і при формуванні системи показників міжрівневого руху (балансу). Послідовність і зміст окремих етапів обумовлені порядком складання балансу та використання його результатів для досягнення мети аналізу.

Особливістю агрегатної форми моделі є її варіативність щодо способів обчислення однойменних балансових показників з тої чи іншої їх видової категорії. З одного боку, це пояснюється двома можливими схемами міжрівневого заміщення (між парою рівнів або в тріаді рівнів: форми (9) і (10)-(11)) й, як наслідок, при формулюванні рівневих показників – альтернативними способами вимірювання ознаки: «через пересування з рівня *i*» або «через пересування на рівень *j*» (відповідно до форми (9)) [10, с. 96-101]; «на опорному рівні» (відповідно до форми (10)) або «поза опорного рівня» (відповідно до форми (11)) [10, с. 89-95]. З іншого боку, вибір тієї чи іншої схеми пересування одиниць об'єкта за напрямом, або «навздогін» (прогресивне та регресивне), або «назустріч» (прогресивно-регресивне та регресивно-прогресивне) [10, с. 90], обумовлює в даній категорії міжрівневого руху відповідні форми балансових показників [10, с. 89-208].

Ще одна, конструктивна, особливість агрегатної форми моделі полягає в тому, що в I-III-у квадрантах балансово-розрахункової таблиці, крім складових балансу, можна визначати значення й інших (складених) показників, наприклад, абсолютного сальдо міжрівневого пересування (6), як це показано на рис. 1 виносним фрагментом I-го квадранту, поділеного на кластери однакового розміру [2×2]. Кожен кластер складається з комірок таблиці, поєднаних відповідними рівнями *i* й *j*. Розповсюдження цього принципу на II-й і III-й квадранти дає можливість визначати безпосередньо в даній таблиці значення абсолютного сальдо з різним рівнем систематизації руху. Через такий кластерний принцип утворення балансової моделі вдається поєднати в одній таблиці майже всі показники міжрівневого балансу, які мають між собою закономірні зв'язки. Така модель, хоча і складна для сприйняття, але є зручною для уявлення механізму обчислення цих показників й їх взаємозв'язків, особливо, у вигляді електронної таблиці, створеної, наприклад, в редакторі Microsoft Excel [10, с. 276-283].

Як «працює» дана методика, продемонстровано в табл. 1 на прикладі визначення коефіцієнта ефективності управління об'єктом.

Таблиця 1 – Оцінювання ефективності управління об'єктом (через (6)-(8))

№ з/п	Показник (вид)			
1.	<b>Абсолютне сальдо міжрівневого пересування за напрямом (рівневе, часткове):</b>			
	а.		б.	
	через пересування з рівня <i>i</i>		через пересування на рівень <i>j</i>	
	$\Delta L_{iv}^{\cdot}  _{i=1, k-1} = \sum_{j=i+1}^k \Delta L_{ij}^{\cdot}$	$\Delta L_{ih}^{\cdot}  _{i=2, k} = \sum_{j=1}^{i-1} \Delta L_{ij}^{\cdot}$	$\Delta L_{hj}^{\cdot}  _{j=2, k} = \sum_{i=1}^{j-1} \Delta L_{ij}^{\cdot}$	$\Delta L_{v,j}^{\cdot}  _{j=1, k-1} = \sum_{i=j+1}^k \Delta L_{ij}^{\cdot}$
	в <i>p</i> -рівневих значеннях ознаки		в поза <i>p</i> -рівневих значеннях ознаки	
$\Delta L_{p \frac{B}{H}}^{\cdot} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=p+1}^k \Delta L_p^{(ij)}  _{i < p, 1 \leq p < k} \\ \sum_{i=1}^{p-1} \Delta L_p^{(ij)}  _{j > p, 1 \leq p \leq k} \end{array} \right.$	$\Delta L_{p \frac{B}{H}}^{\cdot} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=p+1}^k \Delta L_p^{(ij)}  _{j < p, 1 \leq p < k} \\ \sum_{j=1}^{p-1} \Delta L_p^{(ij)}  _{i > p, 1 \leq p \leq k} \end{array} \right.$	$\Delta L_{(p) \frac{B}{H}}^{\cdot} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=p+1}^k \Delta L_{ij}^{(p)}  _{i < p, 1 \leq p < k} \\ \sum_{i=1}^{p-1} \Delta L_{ij}^{(p)}  _{j > p, 1 \leq p \leq k} \end{array} \right.$	$\Delta L_{(p) \frac{B}{H}}^{\cdot} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=p+1}^k \Delta L_{ij}^{(p)}  _{j < p, 1 \leq p < k} \\ \sum_{j=1}^{p-1} \Delta L_{ij}^{(p)}  _{i > p, 1 \leq p \leq k} \end{array} \right.$	
2.	<b>Абсолютне сальдо міжрівневого пересування (групове, часткове):</b>			
	прогресивного навздогін (а)		регресивного навздогін (б)	
	$\Delta L_{\frac{B}{H}}^{\cdot} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{k-1} \Delta L_{iv}^{\cdot} \\ \sum_{j=2}^k \Delta L_{hj}^{\cdot} \end{array} \right.$ або $\Delta L_{\frac{B}{H}}^{\cdot} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{p=1}^k \Delta L_{p \frac{B}{H}}^{\cdot} \\ \sum_{p=1}^k \Delta L_{(p) \frac{B}{H}}^{\cdot} \end{array} \right.$		$\Delta L_{\frac{B}{H}}^{\cdot} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=2}^k \Delta L_{ih}^{\cdot} \\ \sum_{j=1}^{k-1} \Delta L_{v,j}^{\cdot} \end{array} \right.$ або $\Delta L_{\frac{B}{H}}^{\cdot} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{p=1}^k \Delta L_{p \frac{B}{H}}^{\cdot} \\ \sum_{p=1}^k \Delta L_{(p) \frac{B}{H}}^{\cdot} \end{array} \right.$	
3.	<b>Коефіцієнт ефективності управління об'єктом щодо не очікуваного пересування:</b>			
	регресивного (втрати)		прогресивного (поповнення)	
	$K_{\text{еф.} \frac{B}{H}} = \left  \frac{\Delta L_{\frac{B}{H}}^{\cdot}}{\Delta L_{\frac{H}{B}}^{\cdot}} \right $		$K_{\text{еф.} \frac{B}{H}} = \left  \frac{\Delta L_{\frac{B}{H}}^{\cdot}}{\Delta L_{\frac{H}{B}}^{\cdot}} \right $	

Розрахунки проведено через абсолютне сальдо міжрівневого пересування, на різних етапах аналізу представлено в різних категоріях руху: на першому етапі – парними рівневими показниками сальдо, як канонічні форми балансу (6)-(8); на другому етапі – рівневими частковими показниками сальдо (№ 1); на третьому етапі – груповими частковими показниками сальдо (№ 2). На четвертому етапі аналізу визначаються шукані значення коефіцієнта ефективності (№ 3). Той же самий результат можна отримати і через складові міжрівневого балансу, представлені в аналогічних категоріях пересування – «вибуття» і «прибуття», взятих окремо, й обчислені через відповідні агрегати  $L_{vij}$  і  $L_{pij}$  (рис. 1 і рис. 2).

**Висновки.** Запропонована методика дає цілісне уявлення про аспекти застосування балансового методу в дослідженні структурних зрушень керованого об'єкта через складання міжрівневого балансу. Націлений на всебічну оцінку структурних зрушень, такий баланс дає можливість пояснити зміну структури об'єкта через характеристики міжрівневого руху його одиниць. Сформульовані відповідно до критеріїв систематизації руху як складові балансової моделі та зіставлені між собою за всіма можливими формами порівняння, вони стають ключовим фактором аналізу структурних зрушень в системі показників міжрівневого балансу. Через визначенні передумови застосування балансового методу вдалося запропонувати таку схему аналізу, яка й дозволяє повною мірою реалізувати можливості моделі міжрівневого балансу в оцінці структурних зрушень об'єкта. Така модель є корисною для оцінювання управлінських рішень в організації процесів з даними в інформаційних системах (щодо управління їх швидкістю та ресурсними витратами), в виборі способів і прийомів забезпечення експлуатаційної надійності технічних пристроїв тощо.

#### Список використаних джерел

1. Терехов Л. Л. Экономико-математические методы. Москва : Статистика, 1968. 360 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. 832 с.
3. Основы теории оптимального управления / под ред. В. Ф. Кротова. Москва : Высшая школа, 1990. 431 с.
4. 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.
5. Вашків П. Г., Пастер П. І., Сторожук В. П., Ткач Є. І. Теорія статистики : навчальний посібник. Київ : Либідь, 2001. 320 с.
6. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов. Изд. 9-е стереотипное. Москва : Высшая школа, 2003. 479 с.
7. Орлов А. И. Прикладная статистика : учебник. Москва : Экзамен, 2006. 671 с.
8. Информационные системы и технологии / под ред. Ю. Ф. Тельнова. Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 303 с.
9. Купалова Г. І. Теорія економічного аналізу : навч. посіб. Київ : Знання, 2018. 639 с.
10. Дубягін О. Б., Гур'єв В. І., Фірсова І. В. Балансовий метод статистичного аналізу міжрівневого руху одиниць керованого структурованого об'єкта. Звіт НДР РК № 0116U005338. Чернівці : ЧНТУ, 2019. 286 с.

#### References

1. Terekhov, L. L. (1968). *Ekonomiko-matematicheskie metody [Economic and mathematical methods]*. Moscow: Statistika [in Russian].
2. Korn, H., Korn, T. (1984). *Spravochnik po matematike dlia nauchnykh rabotnikov i inzhenerov [Reference book of mathematics for scientific workers and engineers]*. Nauka. Hlavnaia redaktsiia fiziko-matematicheskoi literatury.
3. Krotov, V. F. (1990). *Osnovy teorii optimal'nogo upravleniia [Fundamentals of control theory]*. Vysshaia shkola.
4. Herasymenko, S. S. (Ed.). (2000). *Statystyka [Statistics]*. KNEU.
5. Vashkiv, P. H., Paster, P. I., Storozhuk, V. P., Tkach, Ye. I. (2001). *Teoriia statystyky [Statistics Theory]*. Lybid.
6. Gmurman, V. E. (2003). *Teoriia veroiatnostei i matematicheskaia statistika [Theory of Probability and Mathematical Statistics]*. Vysshaia shkola.

7. Orlov, A. Y. (2006). *Prykladnaia statystyka [Applied statistics]*. Ekzamen.
8. Telnov, U. F. (2012). *Informatsionnye sistemy i tekhnologii [Information systems and technologies]*. UNITI-DANA.
9. Kupalova, H. I. (2018). *Teoriia ekonomichnoho analizu [The theory of economic analysis]*. KNEU.
10. Dubiahin, O. B., Huriev, V. I. & Firsova, I. V. (2019). *Balansovyi metod statystychnoho analizu mizhrivnevoho rukhu odynyts kerovanoho strukturovanoho obiekta [Balance method of statistical analysis of the inter-level motion of controlled structured object's units]*. ChNTU.

UDC 303.732+510.67

*Alexander Dubyagin, Volodymyr Guryev, Irina Firsova*

### METHODOLOGY ANALYSIS OF STRUCTURAL SHIFTS IN THE CONTROLLED OBJECT, PRESENTED THROUGH THE MODEL OF INTER-LEVEL MOVEMENT OF ITS UNITS

*The quantitative assessment of the structural shifts of a managed entity, the units of which undergo inter-level movement with respect to an attribute measured in the relationship scale, is relevant to the management objectives of any sectoral area and requires the creation of a holistic methodology and analysis scheme.*

*In existing valuation techniques, as a key factor, the movement of units of an object from one level of trait to another is not taken into account, and therefore the results of structural shifts, as a consequence of the controlling influence on the object, should be considered in the context of the inter-level movement of its units and be determined as weighted motion indicators.*

*The previously suggested indicators are determined by the value of the number of inter-level movements of the units and the level of the attribute measured in them before and after the control. Being formulated in different categories of motion, they are presented in the form of a system that became possible by the previously synthesized inter-level balance model.*

*Conceptual bases for implementing a method for analyzing structural shifts of a managed object.*

*Formulate a method for analyzing the structural shifts of a managed object, and substantiate the sequence and content of the stages of analysis with the appropriate prerequisites for the application of the balance method and the features of composing the inter-level balance.*

*The conceptual bases of the methodology created are the prerequisites for applying the balance method in the analysis of the structural shifts of the managed object, the form of the balance model and the criteria for the systematization of indicators through which the analysis will be carried out. The alternative nature of the inter-level movement of the object units, the balance of the movement, the stability of the object, and the weighted nature of the measurement of the comparative values determine the application of the inter-level balance model to quantify the subject of study. The order of drawing up the balance model and the indicators formulated on its basis, which evaluate the effects of the management impact on the object, determine the sequence and content of the stages of analysis.*

*The proposed methodology gives a holistic view of the aspects of applying the balance method in the study of structural shifts of a managed object such as focus, justification, opportunities and prospects.*

**Keywords:** analysis; balance model; managed object; conceptual foundations; inter-level movement; prerequisites; system of indicators; structural shifts.

Table: 1. Fig.: 2. References: 10.

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

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

**E-mail:** aleksandrubagin@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, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Guryev Volodymyr** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Cybersecurity and Mathematical Modeling Department, Chernihiv Polytechnic National University (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, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Firsova Irina** – Senior Lecturer of Information and Computer Systems Department, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

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

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

**ResearcherID:** R-4243-2016