

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ



Кафедра технічного сервісу
та систем в АПК

ТЕХНОЛОГІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
В ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ

Методичні вказівки до практичної роботи №1
на тему: **«ВІДБІР ЧИННИКІВ ЕКСПЕРТНИМ МЕТОДОМ»**
для студентів СВО «Магістр»
спеціальності 208 «Агроінженерія»



2020

Технології наукових досліджень в технічному сервісі. Методичні вказівки до практичної роботи №1 для студентів СВО «Магістр» спеціальності 208 «Агроінженерія» – Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2020. – 28 с.

Розробник: доц. Болтянська Н.І.

Рецензент: проф. Журавель Д.П.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри ТСС АПК, протокол № 1 від серпня 2020 р.

Розглянуто і рекомендовано до впровадження в навчальний процес методичною комісією механіко-технологічного факультету, протокол № 1 від 2020 р.

ВІДБІР ЧИННИКІВ ЕКСПЕРТНИМ МЕТОДОМ

Методичні вказівки до практичної роботи №1

МЕТА РОБОТИ – ознайомитися з апріорною оцінкою чинників, набути навички ранжирування чинників.

1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки (Додаток А)

Вивчити:

- зміст завдання повного статистичного аналізу експертного оцінювання;
- оцінка пріоритетів пропозицій (факторів);
- підготовка вихідної статистичної інформації для її верифікації.
- *Скласти звіт по роботі:*
- номер, найменування та мета роботи;
- зміст завдання повного статистичного аналізу експертного оцінювання;
- оцінка пріоритетів пропозицій (факторів);
- підготовка вихідної статистичної інформації для її верифікації.

1.2 Питання для самопідготовки

1.2.1 Який зміст завдання повного статистичного аналізу експертного оцінювання?

1.2.2 Як проводиться оцінка пріоритетів пропозицій (факторів)?

1.2.3 Як проводиться підготовка вихідної статистичної інформації для її верифікації?

1.3 Рекомендована література

1. Адаменко М. І., Бейлін М. В. Основи наукових досліджень. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. 188 с.

2. Бобилев В. П., Іванов І. І., Пройдак Ю. С. Методологія та організація наукових досліджень: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Системні технології, 2008. 264 с.

3. Кислий В. М. Організація наукових досліджень: навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2011. 224 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма робіт

- Визначити коефіцієнт конкордації.
- Побудувати апріорну діаграму рангів.
- Зробити висновок.

Скласти звіт та захистити роботу.

2.2 Оснащення робочого місця

2.2.1 Методичні вказівки.

2.2.2 Навчальна та наукова література.

2.3 Теоретичні відомості

1. Поняття про експертизу.

Одним з основних шляхів підвищення ефективності управління є застосування при підготовці рішень математичних методів і моделей. Однак нерідко завдання управління не піддаються повної формалізації через їхню складність і багатокритеріальності, відсутність можливості отримання достовірної кількісної інформації і чіткого відмінності критеріїв. У зв'язку з цим останнім часом все ширше застосовуються методи експертних оцінок, під якими розуміють організаційні, логічні і математичні методи, спрямовані на отримання від фахівців (експертів) інформації, її аналіз і узагальнення з метою підготовки та вибору раціональних рішень. Експертні методи застосовуються в таких ситуаціях, коли вибір, обґрунтування і оцінка наслідків рішень не можуть бути виконані на основі точних розрахунків.

2. Формулювання завдання експертизи.

Достовірність і ефективність результатів експертного опитування в істотному ступені залежать від чіткості і конкретності сформульованої задачі. Можна назвати наступні приклади проблемних ситуацій, які можуть бути вирішені за допомогою методів експертного опитування:

- 1) розробка системи показників якості та узагальненого показника ефективності функціонування складної системи;
- 2) складання варіантів побудови системи;
- 3) визначення коефіцієнтів важливості (вагових коефіцієнтів) завдань, підсистем, варіантів, включених до переліку;
- 4) ранжування показників за важливістю і т.д.

3. Відбір та формування групи експертів.

Для проведення експертизи створюється група фахівців аналітиків, завданнями яких є відбір і формування групи експертів, вибір методу опитування, проведення опитування та обробка результатів.

При підборі експертів враховується їх компетентність, об'єктивність і зацікавленість в результатах дослідження. Точність і достовірність результатів експертної оцінки залежать від числа експертів в групі і від пайової складу різних фахівців. Група повинна бути досить великою і не повинна складатися з представників однієї вузької спеціальності, так як їх думку буде тенденційним.

4. Вибір методу опитування.

Основними видами опитування є анкетування, інтерв'ювання, метод Дельфі, мозковий штурм і дискусія.

Анкетування – опитування експертів в письмовій формі за допомогою анкет, в яких містяться спеціально підготовлені питання.

Інтерв'ювання – це усне опитування, що проводиться у формі бесіди-інтерв'ю. Для підготовки бесіди інтерв'юер розробляє питання, основною особливістю яких є можливість швидкого відповіді на них.

Метод Дельфі є багатотуровою процедурою анкетування з обробкою і повідомленням результатів кожного туру експертам, які працюють окремо один від одного.

Мозковий штурм є груповим обговоренням з метою отримання нових ідей і варіантів вирішення проблеми. Мозковий штурм часто називається мозковою атакою, методом генерації ідей.

Дискусія – вид експертизи, широко застосовуваний на практиці для обговорення проблем, шляхів їх вирішення, аналізу різних чинників і т.д.

Кожен з перерахованих методів має свої переваги і недоліки.

5. Обробка результатів опитування.

Вибір способу обробки інформації, отриманої експертами, залежить від методу експертного оцінювання. Розрізняють такі методи експертних оцінок: ранжування, парне порівняння, безпосередня (бальна) оцінка, послідовне порівняння.

6. Ранжування

Ранжування полягає в розташуванні об'єктів (чинників, показників, ознак) в порядку зростання (спадання) будь-якої властивій їм властивості.

При ранжируванні експерт повинен розташувати об'єкти в порядку, який представляється йому найбільш раціональним і приписати кожному з них числа натурального ряду – ранги. При цьому ранг 1 отримує найкращий об'єкт, а ранг N – найменш бажаний. Отже, число рангів N дорівнює числу ранжируваних об'єктів.

Іноді експерт присвоює декількох об'єктів один і той же ранг і в результаті число рангів виявляється нерівним кількості ранжируваних об'єктів n. У таких випадках об'єктів приписуються так звані стандартизовані ранги. При цьому загальне число стандартизованих рангів думують рівним n, а об'єктів, що мають однакові ранги, привласнюють стандартизований ранг, значення якого дорівнює середньому від суми місць, займаних об'єктами з однаковими рангами.

Нехай, наприклад, шести об'єктах (чинникам, альтернативам) присвоєні такі ранги:

i	1	2	3	4	5	6
r _i	1	2	3	3	2	3

Тоді об'єктів 2 і 5, що поділили між собою друге та третє місця, присвоюється стандартизований ранг

$$S=(2+3)/2=2,5,$$

а об'єктам 3, 4 і 6, що поділили 4, 5 і 6 місця, приписується стандартизований ранг

$$S=(4+5+6)/3=5.$$

В результаті отримуємо наступну стандартну ранжування:

i	1	2	3	4	5	6
r _i	1	2,5	5	5	2,5	5

Таким чином, сума рангів S отримана в результаті ранжирування n об'єктів, буде дорівнює сумі чисел натурального ряду, тобто

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta r_i \quad (1)$$

де r_i – ранг i-го об'єкта.

Коли ранжування проводиться кількома (m) експертами, то спочатку для кожного об'єкта підраховують суму рангів S_{ij} , отриману від всіх експертів, а потім виходячи з цієї величини встановлюють результуючий ранг для кожного об'єкта. При цьому найвищий ранг (перший) привласнюють об'єкту, отримав найменшу суму рангів, і, навпаки, об'єкту, який отримав найбільшу суму рангів, присвоюється найнижчий ранг N. Решта об'єктів впорядковують відповідно до зростання суми рангів щодо об'єкта першого рангу.

Безпосередня (бальна) оцінка.

Являє собою процедуру присвоєння порівнюваним об'єктам числових значень (балів) в прийнятій шкалі інтервалів. Як правило, на практиці використовуються п'яти-, десяти- і стобальною шкали.

Завдання експерта полягають в приміщенні кожного з аналізованих об'єктів в певний оціночний інтервал, відповідно до ступеня володіння ті чи іншим властивістю.

У деяких випадках зручніше для вибору найкращого чиннику (об'єкта, альтернативи) спочатку провести безпосередню оцінку, а потім все чинники ранжувати. Нехай, наприклад, m експертів оцінили (за шкалою від 0 до 100) K напрямків досліджень з точки зору важливості їх для досягнення певної мети.

Для того, щоб проранжувати ці оцінки, припишемо кожному з напрямків досліджень число натурального ряду таким чином, щоб ранг 1 був приписаний максимальній оцінці, а ранг K мінімальній.

У ряді випадків безпосередні оцінки нормуються. З цією метою оцінки по всіх об'єктах підсумовуються, а потім кожна з них ділиться на отриману суму. Нормування покращує порівнянність оцінок, отриманих в різний час або в різних умовах.

Коли в експертизі беруть участь кілька експертів, зазвичай намагаються отримати усереднену оцінку (вага) для кожного з порівнюваних об'єктів. Для цього нормовані оцінки кожного об'єкта підсумовуються, а потім сума ділиться на число експертів.

Парне порівняння.

При використанні цього методу проводиться порівняння розглянутих об'єктів попарно, з тим щоб встановити в кожній парі найбільш важливий (значимий).

Для полегшення цієї процедури складають матриці парних порівнянь, в яких всі порівнювані об'єкти (1,2,3 ... n) записуються в одному і тому ж порядку двічі: у верхньому рядку і в крайньому лівому стовпчику.

Кожен експерт, що заповнює таку матрицю, повинен проставити на перетині рядка і стовпця для двох порівнюваних чинників оцінку X_{ij} (і не дорівнює j). В залежності від того, чи є чинник і кращим, ніж чинник j , ця оцінка дорівнює 1 або 0 відповідно.

У головній діагоналі такої матриці проставляються прочерки.

Кожна пара чинників може порівнюватися один раз або двічі (наприклад, спочатку R_{12} , а потім R_{21}).

У тому випадку, коли чинники порівнюють попарно двічі (повне парне порівняння) загальне число порівнянь одно $n(n-1)$; при одноразовому парному порівнянь

$$J = \frac{n(n-1)}{2} \quad (2)$$

де J – число порівнянь;

n – загальне число чинників.

Метод парних порівнянь може бути використаний для встановлення сумарних рангів чинників. З цією метою складається первинна матриця парних порівнянь, до якої справа додається стовпець рангів. Матриця проглядається за стовпцями зліва направо і в правий стовпчик записується ранг, рівний сумі одиниць у відповідному рядку

Слід мати на увазі, що на відміну від методу ранжирування, в даному випадку найкращий об'єкт буде мати ранг, який виражається найбільшим числом.

Послідовне порівняння.

Являє собою комплексну процедуру, що включає як ранжування, так і безпосередню оцінку. При послідовному порівнянні експерт виконує наступні операції:

- 1) здійснює ранжування об'єктів;
- 2) виробляє безпосередню оцінку об'єктів на інтервалі $0 \div 1$, вважаючи, що числова оцінка першого в ранжируванні об'єкта дорівнює 1;
- 3) вирішує, чи буде перший об'єкт перевершувати по перевагу всі інші об'єкти разом узяті. Якщо так, то експерт збільшує значення числової оцінки першого об'єкта так, щоб вона стала більше суми числових оцінок інших об'єктів. В іншому випадку він змінює числову оцінку першого об'єкта так, щоб вона стала менше суми оцінок інших об'єктів;
- 4) вирішує, чи буде другий об'єкт краще, ніж всі наступні разом узяті і змінює його оцінку за методикою, викладеною в п. 3;
- 5) продовжує операцію порівняння перевагу наступних об'єктів і змінює числові оцінки цих об'єктів в залежності від свого рішення про їх переваги.

На закінчення зазначимо, що розглянуті чотири методи вимірювання переваг експертів мають різні властивості, але призводять до близьких результатів.

6. Перевірка узгодженості думок експертів.

При аналізі оцінок, отриманих від експертів, виникає необхідність виявити узгодженість їх думок по декількох об'єктах (чинникам, альтернативам), який впливає на один кінцевий результат (остаточний вибір). Найчастіше узгодженість думок експертів оцінюється за допомогою коефіцієнта конкордації W .

Нехай є ряд альтернатив $1, 2, \dots, n$, в різному ступені володіють одним і тим же якістю X і проранжовано щодо цієї якості m експертами. Результати такого ранжирування можна представити у вигляді матриці такого вигляду (табл.), Де x_{ji} – ранг, присвоєний j -тим експертом i -тій альтернативі.

Чинники Експерти	1	2	...	i	...	n
1	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1i}	...	X _{1n}
2	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2i}	...	X _{2n}
...
J	X _{j1}	X _{j2}	...	X _{ji}	...	X _{jn}
...
m	X _{m1}	X _{m2}	...	X _{mi}	...	mn
Σ R						

Для розрахунку значення коефіцієнта конкордації спочатку знаходиться сума рангів по кожному чиннику, отримана від усіх експертів, для чого значення рангів підсумовують в кожному стовпчику таблиці.

Далі розраховується сума квадратів різниць (відхилень) S по формулі

$$S = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right\}^2 \quad (3)$$

де $\frac{1}{2} m(n+1)$ – середнє значення для всіх n сумарних рангів.

Очевидно, що величина S матиме максимальне значення в разі, коли експерти дають однакові оцінки, тобто ранги кожної з n альтернатив у всіх m експертів абсолютно збігаються (це пояснюється тим, що істотно зростають абсолютні значення різниць в фігурних дужках). Доведено, що сумарне квадратичне відхилення від їх середнього значення для сумарних рангів альтернатив при найкращій їх узгодженості матиме вигляд:

$$S_{max} = \frac{1}{2} nm^2(n^2 - 1) \quad (4)$$

Виходячи зі сказаного, коефіцієнт конкордації W можна розглядати як відношення фактично отриманої величини S (3) до її максимального значення S_{\max} (4) для однієї і тієї ж групи експертів m і числа альтернатив n , тобто

$$W = \frac{S}{S_{\max}} \quad (5)$$

Ясно, що коефіцієнт W може приймати значення від 0 до 1, причому рівність 1 означає, що всі експерти дали однакові оцінки (ранги) за цією ознакою x (абсолютна узгодженість думок), а рівність означає, що зв'язки між оцінками, отриманими від різних експертів, не існує.

При відсутності відносин байдужості (тобто однакових рангів, присвоєних декільком порівнюваним об'єктам) в оцінках кожного з експертів розрахунок коефіцієнта конкордації зручно вести за формулою:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)} \quad (6)$$

У тих же випадках, коли який-небудь експерт присвоює однакові ранги декільком порівнюваним об'єктам, розрахунок коефіцієнта конкордації здійснюється за формулою:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j} \quad (7)$$

$$T_j = \sum t_j (t_j^3 - t_j) \quad (8)$$

де t_j - число однакових рангів у j -го експерта.

Якісна характеристика узгодженості експертів за значенням коефіцієнта конкордації приведена в табл. 1.

Таблиця 1

Якісна характеристика узгодженості експертів за значенням коефіцієнта конкордації

Значення коефіцієнта конкордації	<0.3	0.3-0.5	0.5-0.7	0.7-0.9	>0.9
Якісна характеристика взаємозв'язку експертів	слабка	помірна	помітна	висока	дуже висока

Порядок виконання роботи

Академічну групу розбивають на підгрупи. При парному числі чинників підгрупа повинна складатися з парного числа студентів.

Студенти кожної підгрупи виконують роль експертів.

Кожна підгрупа одержує список чинників для оцінки відповідно до заданого варіанта.

Проводять оцінку чинників, обробку і аналіз результатів оцінки.

Вказівки до виконання завдань

Обрати вихідні дані згідно варіантом з додатку Б і подати у вигляді табл. 2.

Таблиця 2

Початкові дані (варіант N)

Чинники	Позначення чинників
температура теплоносія	X_1
вологість матеріалу	X_2
дисперсність	X_3
швидкість теплоносія	X_4

Експерти повинні проранжирувати чинники. Якщо експерти вважають, що список неповний, то вони доповнюють його новими чинниками. Результати ранжирування зводять в матрицю рангів (табл. 3).

Таблиця 3

Матриця рангів

Чинники	Експерти				Сума рангів, r_i
	1	2	3	4	
температура теплоносія	1	2	2	1	6
вологість матеріалу	2	1	1	2	6
дисперсність	3	3	4	3	13
швидкість теплоносія	4	4	3	4	15

Обчислюємо суму рангів r_i , по кожному чиннику за формулою:

$$r_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}$$

де r_{ij} - ранг для i -го чинника j -го експерта;
 t - кількість експертів.

$$r_1 = 1 + 2 + 2 + 1 = 6$$

Визначаємо середнє арифметичне значення суми рангів за формулою:

$$\bar{r} = \frac{\sum r_i}{n}$$

де r_i – сума рангів по i -му чиннику;
 n – кількість чинників.

$$\bar{r}_i = \frac{6 + 6 + 13 + 15}{4} = 10$$

5. Обчислюємо відхилення суми рангів від середнього для всіх чинників за формулою:

$$\Delta r_i = r_i - r$$

$$\Delta r_i = 6 - 10 = -4$$

Аналогічно розраховуємо для інших чинників. Результати розрахунків зводимо до табл. 4.

Підраховуємо квадрати відхилень для всіх чинників Δr_i^2 .

$$\Delta r_i^2 = (-4)^2 = 16$$

Результати розрахунків зводимо до табл. 4.

Обчислюємо суму квадратів відхилень за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta r_i^2$$

$$S = 16 + 16 + 9 + 25 = 66$$

Результати розрахунків зводимо до табл. 4.

Таблиця 4

Результати розрахунків

Експерти	Чинники			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	1	2	2	1
2	2	1	3	4
3	2	1	4	3
4	1	2	3	4
Сума рангів, r _i	6	6	13	15
Відхилення суми рангів від середнього. Δr _i	-4	-4	3	5
Квадрати відхилення, Δr _i ²	16	16	9	25

Визначаємо коефіцієнт конкордації за формулою:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)}$$

$$W = \frac{12 \cdot 66}{4^2(4^3 - 4)} = 0,825$$

У техніці допустиме значення вірогідності приймають P_д=0,05. Знайдемо табличне значення вірогідності перевищення P_т залежно від n і m. При n=4, m=4, S=66, P_т= 0,0062.

Оскільки P_т < P_д, то можна вважати, що одержаний коефіцієнт конкордації значущий і думка експертів не випадкова.

Будуємо апіорну діаграму рангів.

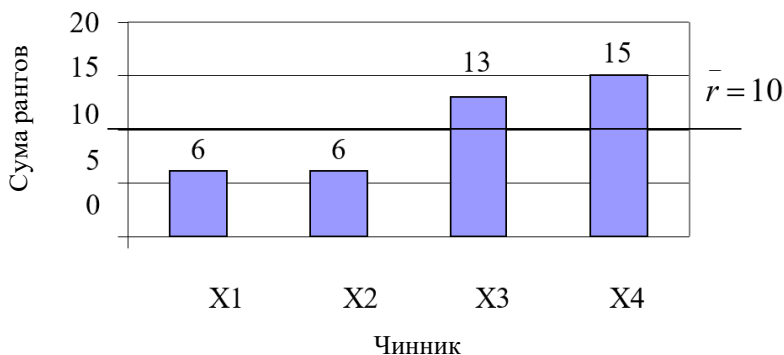


Рис. 1 – Априорна діаграма рангів.

Приймається рішення про включення чинників у фізичний експеримент. Оскільки чинник X_4 за набраною сумою рангів значно відрізняється від інших, то він може бути виключений з подальшого фізичного експерименту.

Після виконання роботи необхідно зробити висновок щодо априорної оцінки чинників й значущості думки експертів.

2.4 Хід проведення

2.4.1 Перевірка викладачем самостійної підготовки студентів до лабораторної роботи (наявність письмових відповідей на надані питання).

2.4.2 Викладач знайомить студентів з метою, змістом даної роботи та вимогами до захисту.

2.4.3 Опрацювання студентами матеріалів за п.2.3.

2.4.4 Захист практичної роботи відбувається за допомогою тестів наприкінці заняття за умови правильного оформлення звіту.

2.5 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:

1. Найменування, номер та мету роботи.
2. Зміст завдання повного статистичного аналізу експертного оцінювання.
3. Оцінка пріоритетів пропозицій (факторів).
4. Підготовка вихідної статистичної інформації для її верифікації.
5. Розрахунки коефіцієнту конкордації.

6. Апріорна діаграма рангів.

7. Висновки.

Пункти 1,2,3,4 студент виконує самостійно, як підготовку до практичного заняття.

2.6 Контрольні запитання

2.6.1 Який зміст завдання повного статистичного аналізу експертного оцінювання?

2.6.2 Як проводиться оцінка пріоритетів пропозицій (факторів)?

2.6.3 Як проводиться підготовка вихідної статистичної інформації для її верифікації?

2.6.4 Що являють собою прикладні наукові дослідження?

2.6.5 Як визначити ранг чинників?

2.6.6 Що характеризує коефіцієнт конкордації?

2.6.7 В яких межах змінюється коефіцієнт конкордації?

2.6.8 Як оцінюють значущість за коефіцієнтом конкордації?

2.6.9 Які ознаки діаграми рангів дозволяють відсіювати чинники подальшого експерименту?

ДОДАТКИ

Додаток А

А.1 Зміст завдання повного статистичного аналізу експертного оцінювання

Серед великої кількості безлічі джерел статистичної інформації (наукова періодика, ЗМІ, відомча статистика та ін.) важливе місце займають власні спостереження і експертне оцінювання (коли інформація з досліджуваної проблеми відсутній). Тоді необхідно її створити шляхом залучення групи експертів.

Завдання повного статистичного аналізу (ПСА) експертного оцінювання (ЕО) з метою знаходження пріоритетів з заздалегідь складеного списку пропозицій (факторів). Тобто завдання ПСА є за своїм характером завдання прийняття рішень (ЗПР) на розмитому безлічі критеріїв і складається з наступних етапів:

1. Постановка проблеми за оцінкою пріоритетів чинників, що впливають на досліджуваний процес замовником (представником замовника). Рішення проблеми завершується силами залучених до проблеми фахівців (незалежних експертів) розробкою безлічі (списку) реально діючих факторів (пропозицій) під керівництвом особи, яка приймає рішення (ОПР).

2. Робота незалежних експертів з складеному ними ж списком пропозицій (факторів), що призводять до досягнення мети. Залучені експерти, незалежно один від одного (наприклад, перебуваючи в різних кімнатах), виставляють проти кожної пропозиції

По суті своїй робота групи експертів (зазвичай - кілька фахівців) полягає в формалізації своїх переваг у поданій ним десятибальною шкалою. Єдине обмеження: переваги не можуть бути всі рівноцінними для всього списку пропозицій, якими вони є за замовчуванням. Інакше може виникнути картина типу «Поділу на нуль» в подальших розрахунках.

В процесі виконання роботи по виявленню пріоритетів серед зазначених факторів експерт, в свою чергу, може залучати думку інших фахівців, проводити спеціальні розрахунки, користуватися довідковою та іншою літературою. Все це в явному або неявному вигляді так чи інакше виразиться в його перевагах по кожному фактору, виражених в

десятибальною шкалою. Тому кожне його перевага повинна супроводжуватися відповідною аргументацією, тобто формально має ґрунтуватися на бібліографічному (науковому) апараті (що, до речі, і потрібно при виконанні курсових і випускних кваліфікаційних робіт студентів).

3. Проведення експертизи полягає у з'ясуванні пріоритетів чинників (пропозицій) з боку окремого експерта. Якщо скласти список факторів (пропозицій), що впливають на рішення поставленої проблеми в стовпець, а навпроти кожного з них розташувати свої переваги, формалізовані в десятибальною шкалою, то кожен експерт створить вектор стовпець C_{ij} , де i – номер пропозиції по списку (всього m штук), а j – умовний номер експерта, присвоєний йому ОПР (окремі стовпці табл. А.1). ОПР на даному етапі залишається лише залишається звести переваги окремих експертів в єдиний список у вигляді вихідної робочої таблиці (табл. А.1). Складена ОПР таблиця (табл. А.1) являє собою створену експертами вихідну статистичну інформацію для подальшого аналізу. Статистична інформація у вигляді набору статистичних сукупностей C_{ij} під номерами $j=1, j=2, j=3$ створена. У табл. А.1 для наочності наведені результати роботи трьох експертів.

Таблиця А.1

Вихідні дані по перевагах експертів, бали

Найменування факторів (пропозицій)	Експерти (матриця C_{ij})		
	Іванов	Петров	Сидоров
1. Поліпшення ритмічності поставок	9	9	10
2. Підвищення якості матеріалів	8	10	10
3. Підвищення кваліфікації робітників	10	10	9
4. Матеріальне стимулювання	10	7	8
5. Забезпечення спецодягом	8	5	7
6. Комплексна механізація	8	9	8

4. Знаходження пріоритетів серед діючих факторів (пропозицій) становить зміст рішення поставленої проблеми на основі робочої таблиці, зведеної ОПР з переваг окремих експертів.

Додатково до пріоритетів серед списку пропозицій (факторів) розраховуються їх ваги і відповідно до них розподіляється відпущений на роботу вартісної ресурс (принаймні – в якості першого наближення). Даний етап здійснюється особисто ОПР.

5. Верифікація (перевірка) вихідної статистичної інформації – оцінок, виставлених групою незалежних експертів за кожною пропозицією (фактору) на предмет виявлення ступеня їх статистичної спроможності (коректності). Якщо окремі фрагменти повірки не відповідають висунутим вимогам, ОПР організовує обговорення серед групи експертів, вислуховує їх аргументацію, а також приймає рішення про можливу повторну експертизу – повної або часткової (метод Дельф або дельфійський метод). Здійснюється також ОПР.

6. Інтерпретація отриманих результатів з боку ОПР. Якщо верифікація здійснена успішно, розраховані пріоритети по пункту 4 з їх значенням ваг і ресурсів повідомляються представнику замовника. Якщо в процесі верифікації вихідних оцінок експертів виявлені зауваження, вони усуваються так, як це зазначено в попередньому пункті 5.

Запропонований варіант вихідних експертних даних для модельної задачі (табл. А.1) є прикладом вирішення варіантів, коли кожен студент виступає в ролі ОПР. При цьому вважається, що робота по перерахованих пунктів 1–3 заздалегідь проведена, і завдання ОПР зводяться до реалізації пунктів 4–6, причому основний зміст п. 6 може бути викладено по ходу виконання п. 5 – верифікації результатів експертизи.

Отже, узагальнимо попередній матеріал в наступному вигляді.

Експертами створена статистична база для отримання рішення поставленої проблеми, яка представлена для кожного студента в варіантах завдання. Потрібно в ролі ОПР оцінити пріоритети факторів (пропозицій) – оцінити їх важливість відносно один одного, що виразиться в обчисленні ваг факторів, присвоєнням місць в їхньому списку (встановлення пріоритетів) по п. 4, проведення верифікації вихідної інформації по п. 5 і інтерпретації отриманих результатів з елементами управлінських рішень по п. 6.

Розглянемо подальші дії студентів по пп. 4–6 в ролі ОПР при вирішенні прикладу 2.

Приклад 2. Припустимо, що експерти незалежно один від одного (перебуваючи в різних кімнатах, наприклад) висловили свої переваги за десятибальною шкалою по кожній пропозиції (фактору). Ці переваги були зведені ОПР в матрицю $C = \{C_{ij}\}$ так, як це показано в табл. А.1.

Маючи в своєму розпорядженні подібну таблицю, ОПР проводить розрахунки в два етапи. На першому етапі визначає пріоритети

пропозицій по їх сумам балів або обчисленим ваг (чим більше сума балів пропозицій або вище їх вага, тим більший пріоритет по відношенню до інших) і розподіляє відпущений на роботу ресурс R_e згідно ваг пропозицій w_i , $i=1, m=6$, який згодом замовником може бути уточнений.

На другому етапі ОПР оцінює ступінь статистичної спроможності зібраних разом оцінок незалежних експертів (верифікація вихідних даних). І якщо рішення здійснюється шляхом набору простих підрахунків і обчислень, то процес верифікації характеризує досить значний обсяг розрахунків і порівняння їх результатів з деякими пороговими значеннями за наступними сторонам (позиціях) досліджуваного соціально-економічного явища.

Для проведення верифікації необхідно розрахувати, порівняти з граничними значеннями і прийняти рішення «підходить – не підходить»:

- 1) коефіцієнти варіації переваг експертів в десятибальною шкалою по кожній пропозиції (фактору);
- 2) коефіцієнт конкордації;
- 3) коефіцієнти парної рангової кореляції між оцінками кожного експерта з кожним, які необхідно занести в кореляційну матрицю;
- 4) коефіцієнти узгодженості кожного експерта з іншими.

Детальніше це може виглядати так.

1. Розрахувати коефіцієнти варіації h_i , $i=1, m$ по кожній пропозиції; якщо $h_i \leq h_{\text{порог}}=0,30$ (або 30%), то варіабельність оцінок експертів S_{ij} з тією чи іншою пропозицією (фактору) вважається «Помірною», якщо немає, то «підвищеною». У такому випадку експерти повинні обґрунтувати свої переваги за даною пропозицією і врахувати аргументи на повторній експертизі (метод Дельф).

2. Розрахувати коефіцієнт конкордації W (загальної узгодженості оцінок експертів в цілому); якщо $W \geq W_{\text{порог}}=0,50$, то загальна узгодженість вихідних оцінок експертів можна вважати встановленою, але якщо менше зазначеної величини, то ОПР необхідно виявити «слабкі» місця експертизи з тим, щоб конструктивно (аж ніяк не нав'язуючи своєї думки експертів) вплинути на статистичну достовірність експертизи в цілому в повторному етапі експертизи (метод Дельф).

3. Оцінити статистичну спроможність вихідних експертних оцінок з боку пар експертів за величиною коефіцієнтів парної рангової кореляції ρ_{jk} . Якщо коефіцієнт ≥ 0 , то статистичні суперечності між оцінками експертів відсутні; якщо $\rho_{jk} < \rho_{\text{порог}} = 0$, то переваги цієї пари експертів з номерами j і k знаходяться в стані конфлікту.

Отже, ОПР, керуючи експертизою, має право вимагати вагомих аргументів від обох експертів по всім перевагам; можливо вони придуть до якогось компромісу. Експертиза уточняється і знову результати перераховуються (метод Дельф).

4. Слід також розрахувати ступінь узгодженості кожного експерта з іншими за величиною коефіцієнта узгодженості v_j , $j=1, n=3$. Якщо він перевищує значення $v_j \geq v_{\text{порог}} = 0,50$, то узгодженість j -го експерта з іншими достатня, якщо менше, то недостатня. ОПР повинен прийняти рішення: залишати думку даного експерта або виключити його з експертизи, або провести повторну експертизу (метод Дельф).

5. В результаті порівняння отриманих результатів з граничними значеннями в пп. 1–4 як спеціальних наукових понять ОПР здійснює судження і приходять до аргументованих висновків у вигляді тих чи інших управлінських рішень, про що і повідомляє всій групі експертів, або окремим експертам.

Таким чином, ОПР узагальнює результати верифікації і приймає підсумкове рішення: повторювати експертизу або порахувати результати власне рішення і верифікації досягнутих. Раніше розраховані результати – пріоритети пропозицій та розподіл ресурсів як результати експертизи повідомляються замовнику. Робота завершена.

Якщо рішення задачі (визначення пріоритетів і розподіл ресурсів) являє собою набір простих обчислень, то обсяг обчислень при проведенні верифікації вихідних оцінок експертів в процесі повного статистичного аналізу можна підрахувати заздалегідь, оскільки він визначається числом пропозицій (факторів) m і числом залучених експертів n ($m=6, n=3$).

Всього пропозицій m , отже, розраховуємо m коефіцієнтів варіації (узгодженості думок експертів за кожною пропозицією) h_i , один коефіцієнт конкордації W , $z = n \cdot (n-1) / 2 = 3$ (шт.) коефіцієнта парної рангової кореляції ρ_{jk} , де j і k – номери експертів (всього поєднань номерів jk може бути 12, 13, 23) і n коефіцієнтів узгодженості кожного експерта з

іншими v_j . Таким чином, всього необхідно обчислити $m+1+z+n=6+1+3+3=13$ параметрів і порівняти їх з чотирма відповідними граничними значеннями $h_{\text{порог}}=0,30$; $W_{\text{порог}}=0,50$; $\rho_{\text{порог}}=0$ і $v_{\text{порог}}=0,50$. Завдання верифікації вихідних переваг (оцінок) експертів на даному етапі завершено.

Узагальнена інтерпретація отриманих результатів є завершенням експертизи в цілому. У результаті або отримані результати приймаються ОПР як остаточних, або після відповідного обговорення з експертами (експертом) слідує його аргументоване рішення про повторення експертизи (повністю або частково) – реалізація методу Дельф.

A.2 Оцінка пріоритетів пропозицій (факторів)

Ваги пропозицій визначаються шляхом нормування сум оцінок експертів по кожному фактору (по кожному рядку).

$$S_{u_i} = \sum_{j=1}^n C_{ij}$$

Потім всі суми в рядках в свою чергу підсумовуються в графі:

$$S_{st} = \sum_{i=1}^m S_{u_i}$$

Тоді вага кожної пропозиції можна оцінити як відношення

$$\omega_i = \frac{S_{u_i}}{S_{st}}$$

При цьому повинна виконуватися вимога

$$\sum_{i=1}^m \omega_i = 1,00$$

Нормування завершено. Пріоритети знайдені. Головна задача вирішена. Ресурс $R_e = 2$ млн. грн.

Часткові ресурси як частки загального ресурсу R_e :

$$r_{ei} = R_e \cdot \omega_i.$$

Розрахунки заносимо в табл. А.2

Слід також звернути увагу на те, що ступінь важливості факторів (пріоритети) розставляються не за правилами складання пов'язаних рангів, але на умоглядному рівні. Такий підхід дозволяє однаковим вагам (сумам вихідних балів) привласнювати однакове місце.

Таблиця А.2

Робоча таблиця для визначення пріоритетів

№	Скорочене найменування факторів	Експерти			Суми S_{ij} .	Ваги / пріоритети	Ресурси млн. грн
i		S_{ij} , (бали)			S_{ui}	ω_i	r_{ei}
1	Ритмічність	9	9	10	28	0,181 / 2	0,361
2	Якість матеріалу	8	10	10	28	0,181 / 2	0,361
3	Кваліфікація	10	10	9	29	0,187 / 1	0,374
4	Зарплата	10	7	8	25	0,161 / 3	0,323
5	Спецодяг	8	5	7	20	0,129 / 4	0,258
6=m	Механізація	8	9	8	25	0,161 / 3	0,323
					$S_{st} = 155$	$\Sigma \omega_i = 0,99 \approx 1$	$R_e = 2$

Отже, пріоритети визначені: на першому місці – фактор «Кваліфікація робітників», другі місця відводиться факторам «Ритмічність» і «Якість матеріалів», на третьому – «Зарплата» і «Механізація», на останньому місці «Спецодяг» (як і слід було очікувати). Відповідно за вагами розподілені і ресурси.

Завдання визначення пріоритетів і розподілу ресурсу відповідно до встановлених пріоритетів вирішена.

А.3 Підготовка вихідної статистичної інформації для її верифікації

Для здійснення процесу верифікації початкових переваг експертів (вони можуть змінитися в подальшому при аргументованій організації ОПР методу Дельф – повторної, уточненої після спільного обговорення, експертизи) необхідно вихідні оцінки експертів, виражені ними в інтервального (безперервної) десятибальною шкалою, відобразити в рангові (порядкові). Вихідні оцінки експертів в балах, отриманих на їх основі рангів, поправки на пов'язані ранги для проведення верифікації вихідної інформації наведені в табл. А.3.

Таблиця А.3

Ранжування і результати поправок на групи пов'язаних рангів (розширена таблиця вихідних даних)

Пропозиції (фактори)	j =1	j=2	j= 3
	Іванов, бали/ ранги	Сидоров, бали / ранги	Петров, бали / ранги
1 Ритмічність	9 / 3	9 / 3,5	10 / 1,5
2 Якість матеріалів	8 / 5	10 / 1,5	10 / 1,5
3 Кваліфікація	10 / 1,5	10 / 1,5	9 / 3
4 Зарплата	10 / 1,5	7 / 5	8 / 4,5
Спецодяг	8 / 5	5 / 6	7 / 6
Механізація	8 / 5	9 / 3,5	8 / 4,5
	TW_j	30	12
	$T_j = NW_j / 12$	2,5	1,0

Таким чином, дані для проведення процесу верифікації вихідних переваг (оцінок) експертів на предмет статистичної спроможності вихідних переваг експертів, виражених в десятибальною шкалою готові для подальших обчислень.

Сам процес верифікації (повторимо ще раз, це важливо) при повному статистичному аналізі (ПСА) можна представити у вигляді чотирьох етапів:

1. За пропозиціями: обчислення коефіцієнтів варіації для кожної пропозиції h_i (їх m штук – за числом пропозицій; тут $m=6$); область визначення $[0; \infty]$. Попередньо обчислені значення порівнюються з граничним значенням 0,30 або 30%. Якщо менше 0,30, то оцінки в межах одного речення вважаються статистично узгодженими. Якщо більше 0,30, то оцінки за такої пропозиції за рекомендаціями ОПР групи експертів потребують уточнення (метод Дельф – повторна експертиза).

2. За пропозиціями: обчислення коефіцієнта узгодженості по всіх пропозиціях відразу – коефіцієнт конкордації W (один коефіцієнт); область визначення $[0; 1]$. Якщо $W \geq 0,50$, то загальна статистична узгодженість переваг експертів, виражена за десятибальною шкалою, є спроможною (коефіцієнти парної рангової кореляції слід очікувати, швидше за все, позитивними), якщо ж $W < 0,50$, то загальна узгодженість є недостатньою (слід очікувати окремі /або всі коефіцієнти парної рангової кореляції між парами експертів негативними). ОПР повинен вислухати думки експертів і запропонувати їм ще раз незалежно один від одного повторити експертизу з урахуванням минулого обговорення (метод Дельф).

3. За експертами: обчислення коефіцієнтів парної рангової кореляції r_{jk} – по числу пар експертів $z = n \cdot (n-1) / 2 = 3 \cdot (3-1) / 2 = 3$ (пари експертів): 1-й з 2-м, 1-й з 3-м і 2-й з 3-м (це очевидно: більше пар при числі експертів $n=3$ в природі не існує). Область визначення $[-1; +1]$. Якщо все $r_{jk} \geq 0$, то думки пар експертів вважаються несуперечливими одна одній (узгодженими). Якщо ж у окремих (або всіх) пар експертів $r_{jk} < 0$, то експерти з номерами j і k повинні ОПР пояснити свої переваги, вислухати аргументи і спробувати виразити свої переваги ще раз (метод Дельф).

4. За експертами: обчислення коефіцієнтів узгодженості кожного експерта з іншими v_j ; область визначення $[-1; +1]$, так як сам коефіцієнт за своєю природою є середнім арифметичним з коефіцієнтів парної рангової кореляції даного експерта з іншими. Оскільки j змінюється від 1 до $n=3$, то і таких коефіцієнтів має дорівнювати n , тобто 3–м (перший експерт з іншими, другий експерт з іншими і третій експерт з іншими). Якщо всі коефіцієнти $v_j \geq 0,50$, то узгодженість кожного експерта з іншими – прийнятна. Якщо у когось з експертів (або у всіх) дана вели-

чина менше 0,50, то статистична узгодженість переваг експерта з іншими недостатня. Тут – на розсуд ОНР: якщо який-небудь коефіцієнт v_j досить близький до значення 0,50, то на повторній експертизі можна не наполягати, якщо ж далекий від 0,50, то можна або усунути експерта з експертизи і перерахувати пріоритети (власне «рішення» завдання; якимось зміняться ваги, тобто пріоритети пропозицій) без даного експерта і подальшу верифікацію не проводити (для решти експертів це вже зроблено).

А можна надати експерту можливість висловити свої переваги ще раз. І – знову все перерахувати (метод Дельфа).

Отже, для організації «рішення» завдання необхідно обчислити пріоритети кожної пропозиції (у вигляді вагів ω_i , де $i=1, m=6$; порядкового номера по спадаючій важливості пропозицій) і розподілити ресурс r_{ei} . Інакше кажучи, рішення носить суто констатуючий характер: «що вийшло, то і вийшло».

Як уже зазначалося, на відміну від процесу «рішення», реалізація процесу «верифікації» по-перше, передбачає більш об'ємні обчислення: необхідно обчислити $(m+1+z+n)=(6+1+3+3)=13$ параметрів, що вимагає значно більше часу, ніж розрахунки по «рішенню»; по-друге, завершення кожного розрахунку вимагає порівняння отриманого значення з необхідним граничним (а для різних параметрів верифікації та граничні значення різні) і для ОНР вироблення «управлінського рішення», управлінських рекомендацій групі експертів.

Саме ОНР, на основі відповідних параметрів-понять, виробляє судження у вигляді відповідних обчислень і на базі порівнянь отриманих значень і їх порогових величин формує умовиводи. Тобто ОНР своїми діями уособлює так звану логічну компоненту пізнання як філософської категорії (тобто, як відомо, на відміну від логічної компоненти, і чуттєва – *відчуття, сприйняття, уявлення*). Тому керівництво процесом експертизи по відношенню до групи незалежних експертів-практиків ОНР здійснює на науковій основі.

Додаток Б

Б.1 Вихідні дані для розрахунків

Варі- ант	Позначення чинників	Чинники
1	2	3
1	Чинники, що визначають швидкість сушіння	
	X_1	температура теплоносія
	X_2	вологість матеріалу
	X_3	дисперсність
	X_4	швидкість теплоносія
2	Чинники, що впливають на теплотехнічні процеси, що відбуваються в апаратах теплообміну	
	X_1	вологість матеріалу
	X_2	кількість матеріалу
	X_3	швидкість руху теплоносія
	X_4	температура теплоносія
3	Чинники, що впливають на теплотехнічні процеси, що відбуваються в апаратах теплообміну	
	X_1	температура теплоносія
	X_2	вологість матеріалу
	X_3	швидкість руху теплоносія
	X_4	температура теплоносія
4	Чинники, що впливають на теплотехнічні процеси, що відбуваються в апаратах теплообміну	
	X_1	кількість матеріалу
	X_2	швидкість руху теплоносія
	X_3	вологість матеріалу
	X_4	дисперсність
5	Чинники, що визначають швидкість сушіння	
	X_1	вологість матеріалу
	X_2	дисперсність
	X_3	швидкість руху теплоносія
	X_4	температура теплоносія