

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»
М. М. Чальцев
14.02.2013 р.

Кафедра «Менеджмент організацій»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
З НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ ПІДГОТОВКИ 6.030601
«МЕНЕДЖМЕНТ»)**

17/102-2013-15

«РЕКОМЕНДОВАНО»
Навчально-методична комісія
факультету
«Економіка та управління»
Протокол № 1
від 18.09.2012 р.

«РЕКОМЕНДОВАНО»
Кафедра
«Менеджмент організацій»
Протокол № 1
від 1.09.2012 р.

УДК 658.5(071)

Методичні вказівки з науково-дослідницької роботи (для студентів напряму підготовки 6.030601 «Менеджмент») [Електронний ресурс] / укладачі: В. О. Кулаков, В. В. Галушка, Л. С. Борданова. – Електрон. дані. – Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2013. – 1 електрон. опт. диск (CD-R); 12 см. – Систем. вимоги: Pentium; 32 MB RAM; WINDOWS 98/2000/NT/XP; MS Word 97–2000. – Назва з титул. екрану.

У методичних вказівках викладено основні положення щодо організації аудиторних і позааудиторних занять, науково-дослідницької роботи студентів на кафедрі «Менеджмент організацій».

Укладачі: Кулаков В. О., к.т.н., доц.
Галушка В. В.
Борданова Л. С.

Відповідальний за випуск: Кулаков В. О., к.т.н., доц.

Рецензент: Полуянов В. П., д.е.н., проф.
каф. «Економіка і фінанси»

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ПОЛОЖЕННЯ ПРО НДРС НА КАФЕДРІ.....	5
2 ПРОГРАМА КУРСУ «ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ».....	6
2.1 Завдання курсу «Основи наукових досліджень»	6
2.2 Структура й обсяг курсу.....	6
2.3 Зміст лекцій.....	7
3 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....	8
4 ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ НДРС ПРИ ВИКОНАННІ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ.....	31
5 ЗВ'ЯЗОК РОЗДІЛІВ НДРС.....	31
6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ».....	31
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33
ДОДАТОК А Завдання до практичної роботи № 1	34
ДОДАТОК Б Статистичні значення розподілу пірсона.....	38
ДОДАТОК В Статистичні значення відповідної надійності вимірів ($n > 121$)	39
ДОДАТОК Г Статистичні значення відповідної надійності вимірів ($n \leq 121$)	40
ДОДАТОК Д Фактори, які рекомендуються при проведенні практичного заняття № 2.....	41
ДОДАТОК Е Вихідні дані для виконання практичної роботи №3.....	44
ДОДАТОК Ж Дані для розв'язання задач в умовах повної визначеності.....	45
ДОДАТОК К Дані для розв'язання задач в умовах стохастичної невизначеності	46
ДОДАТОК Л Дані для розв'язання задач в умовах повної невизначеності..	47

ВСТУП

Відповідно до навчального плану у вузах України, введено курс науково-дослідної роботи студентів (НДРС). Його теоретичною базою є дисципліна «Основи наукових досліджень» (ОНД), в якій розглядаються методологія й методики наукових досліджень. Метою теоретичного курсу, а також комплексу практичних, лабораторних і семінарських занять, що проведені на різних етапах навчального процесу, є навчання студентів самостійно виконувати дослідження. У процесі вивчення курсу студент повинен: освоїти складання анотацій, рефератів і оглядів; виконувати в курсових роботах і проектах спеціальні розрахунки з заглибленим аналізом. При проходженні практики студенти повинні виконувати експериментальні роботи за індивідуальним планом, брати участь у конференціях, освоїти підготовку статей до опублікування. При розробці дипломного проекту (роботи), використовуючи матеріали наукових досліджень, прагнути до реалізації їх результатів у виробничих умовах.

Серед різноманітних факторів, що стимулюють науково-дослідну роботу студентів, значну роль грають наукові семінари, що поєднують 25–30 студентів, конференції й конкурси. Студентські наукові семінари є частиною всього процесу науково-дослідницької роботи студентів і призначені для обговорення результатів досліджень, як на визначеному етапі, так і після завершення всього дослідження. Наукова студентська конференція є оглядом науково-дослідницької роботи студентів на кафедрах факультету й в інституті в цілому. У той же час вона є найважливішим засобом залучення студентів до науково-дослідницької роботи. Керівник конференції у ході її проведення повинен викликати активне й широке обговорення результатів дослідження, організувати наукову дискусію по кожній доповіді, підвести підсумки, дати оцінку й рекомендації з подальшого проведення досліджень.

Конференції й конкурси дозволяють додати НДРС певну циклічність, що відповідає циклічності навчального процесу. За напрямом «Менеджмент» цей цикл рекомендується виконувати в наступній послідовності: вересень – розгортання НДРС після літніх канікул, підготовка робіт до конкурсів за підсумками минулого навчального року; лютий – період кафедральних оглядів, підготовка до наукової конференції і до інститутського конкурсу; квітень – висування робіт на конкурси; червень, липень – виконання індивідуальних завдань по НДРС у період виробничої практики.

1 ПОЛОЖЕННЯ ПРО НДРС НА КАФЕДРІ

Кафедра «Менеджмент організацій» є випускаючою кафедрою факультету «Економіки та управління» за напрямом підготовки 6.030601 «Менеджмент».

Кафедра проводить заняття зі студентами різних курсів стаціонару та заочного факультетів з наступних дисциплін: введення в спеціальність (окремі лекції), основи менеджменту, основи маркетингу, менеджмент організацій, маркетинг підприємств, організація діяльності, планування діяльності підприємств, інноваційний менеджмент, основи підприємництва, техніко-економічний аналіз, керування витратами, інвестування, керування персоналом, керування проектами, стратегічне керування, основи наукових досліджень, методологія та організація наукових досліджень та інші, організовує проведення виробничої й переддипломної практик студентів, а також дипломне проектування.

На першому етапі, починаючи з 3-го курсу (6 семестр), студентам читається спеціальний курс «Основи наукових досліджень» і проводяться лабораторні заняття.

На другому етапі (4-й курс, 7 семестр) проводяться практичні заняття, у процесі проведення практичних занять, курсового й дипломного проектування, виробничої й переддипломної практик виконуються індивідуальні завдання. НДРС є обов'язковим елементом навчального процесу. Лекції, практичні заняття реалізуються за рахунок робочого часу.

Для виконання індивідуальних завдань студенти закріплюються за викладачами й науковими співробітниками кафедри. Дозволяється залучати провідних спеціалістів у галузі економіки, менеджменту, маркетингу, що можуть бути керівниками дипломного проектування. Кількість студентів, що закріплені за провідними спеціалістами, не повинна перевищувати трьох-чотирьох чоловік.

Остаточним результатом науково-дослідної роботи студента є доповідь на науковому семінарі й конференції, використання її фрагментів у курсовому й дипломних роботах, публікація у засобах масової інформації.

Викладачі кафедри в процесі індивідуальної роботи зі студентами регулюють обсяг НДРС, стежать за цілеспрямованістю цієї роботи й відповідним її відображенням у доповідях, проектах і публікаціях. Наприкінці кожного семестру студент складає залік, після завершення роботи готується студентська наукова робота й складається підсумковий залік.

НДРС включається в плани навчальної, навчально-методичної й наукової роботи викладачів.

У позанавчальний час студенти виконують НДРС, беруть участь у наукових дослідженнях кафедри. НДРС у позаурочний час не дублює заняття, проведені в сітці годин розкладу, а є їх продовженням.

Студенти, що у процесі НДРС виявили схильність до науково-дослідницької роботи, рекомендуються для участі в наукових дослідженнях кафедри.

Наприкінці навчального року на кафедрі проводиться атестація студентів. Кафедра рекомендує студентів, що активно беруть участь у НДРС, що виявили схильність до науково-дослідницької роботи, Ученій Раді факультету для направлення в магістратуру чи аспірантуру, для роботи у вузах.

2 ПРОГРАМА КУРСУ «ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ»

2.1 Завдання курсу «Основи наукових досліджень»

Основне завдання – навчання студентів самостійному виконанню досліджень, докладне ознайомлення з відомостями про роль науки в сучасних ринкових відносинах.

Курс базується на знаннях таких дисциплін, як економічна теорія, інвестування, планування й організація діяльності, менеджмент, маркетинг, фінанси, облік і аудит, керування персоналом, вища математика, обчислювальна техніка й інші. Вони є основою комплексу економіко-управлінських знань.

Основні завдання дисципліни:

- методика й методологія наукових досліджень;
- уміння вибирати й аналізувати необхідну інформацію з теми наукового дослідження;
- формулювання завдання наукового дослідження й розробка теоретичних припущень;
- планування й проведення експерименту;
- обробка результатів спостережень і оцінка погрешностей спостережень;
- порівняння результатів експерименту з теоретичними допущеннями й формулювання результатів досліджень;
- організація роботи при проведенні наукових досліджень; складання звітів, статей за результатами наукових досліджень;
- уміння впроваджувати й визначати ефективність науково-дослідницьких розробок.

2.2 Структура й обсяг курсу

Лекції – 17 годин, практичні заняття – 16 годин, лабораторні роботи – 17 годин, обсяг самостійних занять – 40 годин. До самостійної роботи зараховується вивчення економічної літератури й архівних матеріалів відповідно до індивідуального завдання, проведення патентного пошуку, планування й проведення експериментів, обробка їх результатів, аналіз експериментальних даних та ін.

2.3 Зміст лекцій

Загальні поняття про науку, наукові дослідження, кадри й установи, методи наукових досліджень (2 години).

Визначення й основні особливості науки. Наука, як система знань. Загальнонаукові методи досліджень. Наукові установи й кадри.

Вибір теми, формулювання завдань наукових досліджень. Стадії досліджень (2 години).

Методи обґрунтування тем наукових досліджень. Порядок побудови, виклади й побудова науково-дослідної роботи (НДР). Складання техніко-економічного обґрунтування на проведення НДР. Стадії досліджень. Інформаційний пошук. Аналіз інформації й формулювання завдань наукового дослідження.

Методи теоретичних досліджень (4 години).

Загальні аспекти. Модель дослідження. Аналітичні методи. Ймовірно-статистичні методи досліджень. Методи системного аналізу.

Методи експериментальних досліджень (4 години).

Методологія експерименту. Розробка плану-програми експерименту. Основні поняття планування експерименту. Методи графічного відображення результатів досліджень. Методи підбору емпіричних формул. Регресивний аналіз. Визначення адекватності теоретичних рішень. Оцінка вимірів (спостережень) в експериментальних дослідженнях. Проведення експерименту. Способи вимірів.

Аналіз і оформлення наукових досліджень (2 години).

Аналіз теоретично-експериментальних досліджень і формулювання висновків і пропозицій. Види систематизації результатів досліджень і їхній зміст. Звіт про науково-дослідницьку роботу, його зміст і методика складання. Підготовка наукових матеріалів до опублікування.

Організація праці при проведенні наукових досліджень (2 години).

Особливості творчої роботи в дослідницькій діяльності. Організація праці та її планування в наукових дослідженнях. Раціональний трудовий режим дослідника й організація робочого місця.

Впровадження й ефективність наукових досліджень (1 година).

Впровадження результатів наукових досліджень. Ефективність наукових досліджень і її критерії. Розрахунок економічної ефективності наукових досліджень.

3 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Для закріплення знань, що отримані при вивченні теоретичного курсу «Основи наукових досліджень» і одержання навичок у проведенні наукових досліджень, зі студентами проводяться практичні та лабораторні заняття. На практичних та лабораторних заняттях студент повинен освоїти основні положення аналітичних методів дослідження економічних процесів чи явищ.

Практичні та лабораторні заняття, що присвячені відпрацюванню загальних положень експериментальних досліджень, повинні бути присвячені складанню плану проведення дослідження з розподілом його на окремі етапи, вибору й оцінці засобів експерименту, його проведенню й графічному зображенню результатів. Окремі заняття повинні бути присвячені обробці експериментальних даних і підбору емпіричних формул, а також визначенню економічної ефективності від впровадження наукових розробок у виробництво, складанню й оформленню наукового звіту. Практичні заняття проводять викладачі кафедри.

Тематика практичних та лабораторних занять на всіх етапах навчання повинна відповідати профілю кафедри «Менеджмент».

Кожне практичне та лабораторне заняття оформлюється студентом у вигляді звіту, що захищається викладачу. У звіті викладаються основні положення заняття з обов'язковим формулюванням наукових і виробничих висновків.

Як основу для студентів 4-го курсу рекомендують наступний набір практичних занять:

Практичне заняття № 1
Визначення законів розподілу та їхньої адекватності
експериментальним даним

Мета: навчитися приймати оптимальні управлінські рішення на основі результатів досліджень.

Задача 1. Дослідження ходимості двигунів для ухвалення рішення про подальшу управлінську стратегію підприємства на придбання технологічного оснащення для балансування колінчастих валів.

Питання:

1. Визначити міру величини ходимості $M(x)$ і міру розкиду фактичних значень ходимості $(D(x), \sigma(x))$.

2. Вирішити питання про мінімальну вибірку спостережень при прийнятті управлінських рішень.

3. Дати рекомендації про доцільність придбання технологічного оснащення на основі проведених досліджень.

Задача 2. Дослідження розподілу витрати запасних частин (у вартісному вираженні) при капітальному ремонті двигунів.

Питання:

1. Визначити міру величини витрати $M(x)$ і міру розкиду фактичних значень витрати запасних частин $(D(x), \sigma(x))$.

2. Вирішити питання про мінімальну вибірку спостережень при прийнятті управлінських рішень.

3. Дати рекомендації по використанню способів розбирання двигунів на основі проведених досліджень.

Короткі теоретичні відомості

Задача встановлення виду розподілів випадкової величини експериментальним шляхом вирішується в кілька етапів:

- одержання вибіркової сукупності значень випадкової величини;
- побудова емпіричної кривої;
- підбір теоретичної функції для емпіричного розподілу;
- перевірка за допомогою критеріїв згоди відповідності апроксимуючої функції емпіричному розподілу.

Масив вибірових даних дозволяє встановити емпіричний розподіл випадкової величини, що зручно представити у виді гістограми чи полігону частот. Аналізуючи характер графіків емпіричного розподілу, можна підібрати апроксимуючу теоретичну щільність розподілу.

Методика розрахунку задачі

1. На підставі проведених досліджень був отриманий визначений статистичний ряд (див. додаток А). Необхідно визначити межі та кількість інтервалів.

Кількість інтервалів:

$$K = 1 + 3,3 \cdot \lg N, \quad (1.1)$$

де N – число даних статистичного ряду.

Величина інтервалу:

$$d = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K}, \quad (1.2)$$

де x_{\max} – максимальне абсолютне значення параметрів статистичного ряду;

x_{\min} – мінімальне абсолютне значення параметрів статистичного ряду.

2. Складаємо таблицю для проведення наступного дослідження (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Проміжні дослідження

Межі інтервалів Найменування	$[x_{\min}; x_{\min} + d]$	$[x_{\min} + d; x_{\min} + 2d]$...	$[x_{\min} + (n-1)d; x_{\min} + nd]$
Нижня межа				
Верхня межа				
Середнє значення				
Дослідне влучення в інтервал m_i^*				
Теоретична ймовірність: $p_i^* = \frac{m_i^*}{N}$				
Установлення помилкового нуля l_m (під найбільшим p_i^* у таблиці встановлюється 0, вліво від 0: -1, -2, -3..., вправо -1, 2, 3...)				
$P = \sum_{i=1}^K l_m \cdot m_i^*$				
$Q = \sum_{i=1}^K l_m^2 \cdot m_i^*$				

3. За допомогою отриманих у таблиці даних визначається математичне чекання $M(x)$, дисперсія $D(x)$ і середнє квадратичне відхилення $\sigma(x)$.

$$M(x) = \overline{x_a} + \frac{d}{N} \cdot P, \quad (1.3)$$

де $\overline{x_a}$ – середнє значення з інтервалу, де максимальна частота влучення в інтервал.

$$D(x) = \frac{d^2}{N-1} \cdot \left(Q - \frac{P^2}{N} \right). \quad (1.4)$$

4. На підставі отриманих результатів складаємо таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Дослідження теоретичної частоти влучення в розряди

Найменування	Межі інтервалів	$[x_{\min}; x_{\min} + d]$	$[x_{\min} + d; x_{\min} + 2d]$	\dots	$[x_{\min} + (n-1)d; x_{\min} + nd]$
Центровані відхилення $\sigma_{icp} - M(x)$					
Центровані нормовані відхилення $t_i = \frac{\sigma_{icp} - M(x)}{\sigma(x)}$					
Щільність імовірності інтервалів $f(x) = \left \frac{(\sigma_{icp} - M(x))}{\sigma(x)} \right = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}}$					
Теоретичні частоти влучення в інтервали $m_i' = \frac{N \cdot d}{\sigma(x)} \cdot f(x)$					

5. У зв'язку з тим, що досліджувані процеси залежать від ряду випадкових неконтрольованих факторів, то відповідно до центральної граничної теореми теорії ймовірностей ці величини повинні мати розподіл, близький до нормального.

Розроблено й використовується кілька способів перевірки відповідності теоретичної функції емпіричному розподілу. При невідомих параметрах розподілу теоретичної функції (а цей випадок найчастіше й має місце) рекомендується використовувати критерій згоди Пірсона χ^2 , що дозволяє майже завжди спростувати невірну гіпотезу при досить великому числі спостережень.

Обчислюється величина χ^2 , і число ступенів свободи R .

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(m_i^* - m_i')^2}{m_i'}, \quad (1.6)$$

$$R = K - r - 1,$$

де r – число параметрів теоретичної функції розподілу.

Імовірність згоди P приймаємо рівною величині $P(\chi^2)$, що знаходиться за допомогою таблиці додатка Б при заданих величинах K і χ^2 .

Звичайно вважають, що емпірична крива узгодиться з теоретичною, якщо $P > 0,05$, тобто вважають, що емпіричний розподіл узгодиться з те-

оретичним законом.

6. При вивченні систем, що мають елементи з імовірнісними характеристиками, виникає завдання визначення мінімальної кількості іспитів N_{\min} при незмінних умовах.

$$N_{\min} = \frac{t_{\beta}^2 - \sigma_x^2}{\varepsilon^2}, \quad (1.8)$$

де ε – величина, що обумовлена точністю вимірів і величиною інтервалу розрядів.

За таблицею додатка В при великій кількості вимірів ($n > 121$) знаходимо t_{β} .

У випадку, якщо кількість вимірів менше чи дорівнює 121, t_{β} вибираємо з таблиці додатка Г.

7. Усе вищевикладене дозволяє записати довірчий інтервал для математичного чекання $M(x)$.

$$M(x) - \sigma_M \leftarrow M(x) \rightarrow M(x) + \sigma_M \quad (1.9)$$

$$\sigma_M = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}} \quad (1.10)$$

8. Наступним етапом є схематичне представлення досліджень у виді гістограм розподілу, полігону гістограм, вирівнювання теоретичної кривої.

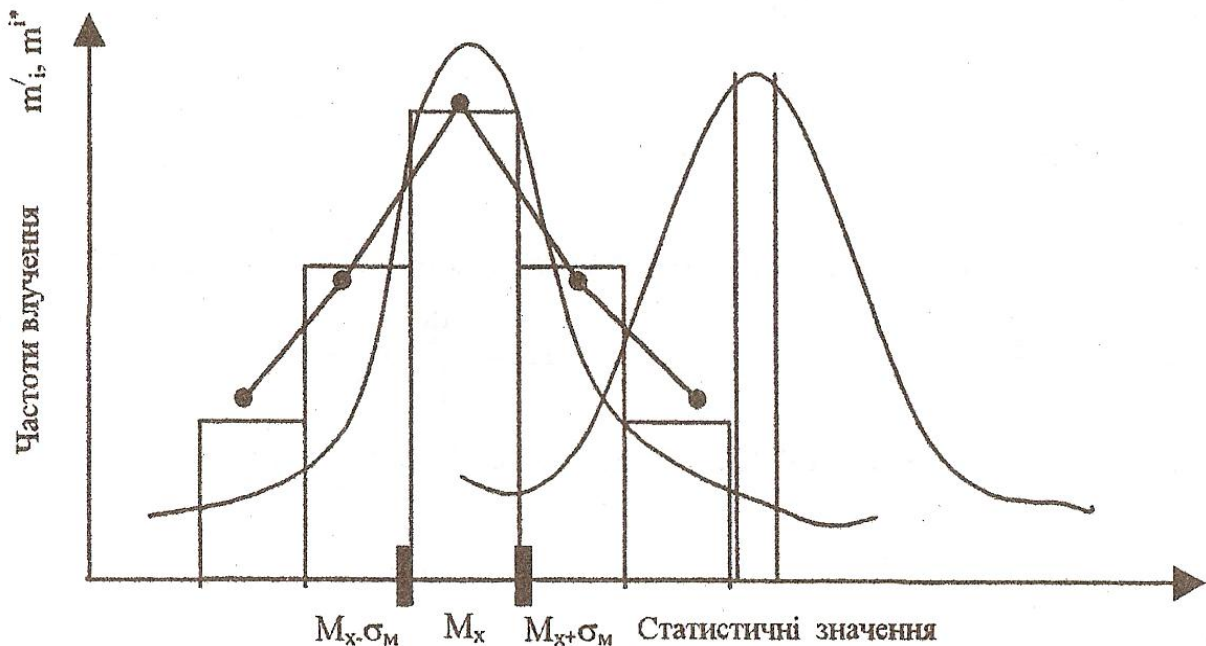


Рисунок 1.1 – Зіставлення досліджуваних даних (задача 1 і задача 2)

9. Висновки.

Контрольні питання

1. Яким чином вирішується задача встановлення виду розподілів ходимості двигунів і витрати запасних частин?
2. Як визначити математичне чекання, дисперсію й середньоквадратичне відхилення?
3. Перевірка відповідності теоретичної функції емпіричному розподілу за критерієм Пірсона.
4. Яким чином виробляється графічна інтерпретація результатів досліджень?
5. Які висновки можна зробити на підставі даних, що отримані в практичній роботі?

Практичне заняття № 2 Експертна оцінка методом рангової кореляції

Мета: практичне застосування методу експертних оцінок у сучасних умовах економіки, шляхом використання апріорної інформації.

Метод рангової кореляції заснований на тому, що групі студентів пропонується виділити потенційно можливі фактори й оцінити їхній вплив на формування вирішального правила. Виділені фактори заносяться в анкету опитування, зразок якої наведений у таблиці 2.1.

Кожен студент при заповненні анкети вказує не тільки потенційно можливі фактори, але і їхній передбачуваний діапазон зміни й ранг. Фактор, що, на думку студента, є найважливішим, одержить ранг 1; наступний по значущості фактор – ранг 2 і т. д.

На основі анкет (типу табл. 2.1) складаються матриці рангів (табл. 2.2), що являють собою зведену анкету для ранжирування факторів.

Результати ранжирування факторів обробляються в наступній послідовності:

1. По кожному з факторів визначається сума рангів

$$a_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}, \quad (2.1)$$

де a_{ij} – ранг, що проставлений j -м експертом для i -го фактора;

m – кількість експертів (студентів).

2. Обчислюється середня сума рангів

$$\bar{a} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k a_i, \quad (2.2)$$

де a_i – сума рангів по i -му факторі;

k – загальна кількість оцінюваних факторів.

Для наведеного прикладу:

$$\bar{a} = \frac{280}{7} = 40.$$

3. Визначається відхилення суми рангів a від середньої \bar{a} з урахуванням знаків, і їхні значення заносяться в таблицю 2.2.

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - \bar{a}. \quad (2.3)$$

Наприклад, для першого фактора:

$$\Delta_i = a_i - \bar{a} = 37 - 40 = -3.$$

4. Обчислюються квадрати відхилень Δ_i^2 , що заносяться в таблицю 2.2.

5. Визначається сума квадратів відхилень:

$$S = \sum_{j=1}^k (\Delta_j)^2, \quad (2.4)$$

$$S = 956.$$

Таблиця 2.1 – Анкета

Анкета			
Напрямок підготовки: «Менеджмент»			
Курс			
Група			
Прізвище			
Форма організації постачань (складська, транзитна)			
непотрібне закреслити			
<i>(приклад)</i>			
Фактор	Позначення	Діапазон явища	Ранг
Річний обсяг реалізації, тис. грн	Q	1000...3000	6
Розмір однієї партії постачань, шт.	S	50...350	7
Річні витрати збереження одиниці продукції в органах постачання, грн/шт	$З_1$	1...5	4
Транспортно-заготівельні витрати по завезенню однієї партії продукції від постачальника в органи постачання, грн/шт	K_1	10...30	1
Кількість споживачів продукції в регіоні	m	50...150	3
Питомі витрати по збереженню продукції на складах підприємств-споживачів, грн/шт	$З_2$	3...5	5
Транспортно-заготівельні витрати по завезенню однієї партії продукції з органів постачання на склад підприємства-заготовника, грн/шт	K_2	10...30	2

Таблиця 2.2. – Зразок заповнення матриці рангів

Студенти (експерти)	Фактори							Сума
	Q	P	$З_1$	K_1	m	$З_2$	K_2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6	7	4	1	3	5	2	28
2	3	2	1	5	4	7	6	28
3	6	1	2	4	5	7	3	28
4	4	6	2	3	1	5	7	28
5	3	7	2	1	4	5	6	28
6	3	6	4	2	1	5	7	28
7	5	6	4	1	2	3	7	28
8	1	7	2	3	6	4	5	28

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	5	7	6	1	2	3	4	28
10	1	7	2	3	4	5	6	28
Сума рангів: $a_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}$	37	56	29	24	32	49	53	280
Відхилення від середньої суми рангів: $\Delta_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - \bar{a}$	-3	16	-11	-16	-8	9	13	
Квадрат відхилень Δ_i^2	9	256	121	256	64	81	169	956
Ранг факторів	IV	VII	II	I	III	V	VI	
Найбільш важливі фактори			X_2	X_1				

6. Коефіцієнт конкордації W у випадку відсутності взаємозалежних факторів обчислюється за формулою:

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)}. \quad (2.5)$$

У присутності взаємозалежних факторів коефіцієнт конкордації обчислюється за формулою:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (k^3 - k) - m \sum_{i=1}^m T_j}, \quad (2.6)$$

де S – сума квадратів відхилень від середньої за всіма факторами;

m – загальна кількість експертів ($j = 1, 2, \dots, m$);

k – загальна кількість факторів ($i = 1, 2, \dots, k$);

T_j – визначається за формулою:

$$T_j = \sum_{j=1}^Q (t_j^3 - t_j); \quad (2.7)$$

t_j – кількість однакових рангів у j -м ряду.

Коефіцієнт конкордації W може змінитися $0 \leq W \leq 1$. При повній згоді думок експертів (студентів) $W = 1$, а при відсутності згоди $W = 0$.

Для досліджуваного прикладу:

$$W = \frac{12 \cdot 956}{10^2(7^3 - 7)} = 0,34.$$

7. Для оцінки значущості коефіцієнта конкордації використовується критерій χ^2 :

$$\chi_p^2 = m \cdot (k - 1)W \quad \text{чи} \quad \chi_p^2 = \frac{12 \cdot S}{m \cdot k \cdot (k + 1) - \frac{1}{k - 1} \cdot \sum_{j=1}^m T_j^2}.$$

Для досліджуваного прикладу:

$$\chi^2 = 10(7 - 1) \cdot 0,34 = 20,6.$$

Число ступенів свободи:

$$f = k - 1 = 7 - 1 = 6.$$

З таблиці значень χ^2_p (додаток Б) для 5 % рівня значущості при числі ступенів свободи $f = 6$ знаходимо $\chi^2_{0,05} = 12,6$.

8. У зв'язку з тим, що χ^2_p , можна з 95 % довірчою ймовірністю стверджувати, що думка студентів щодо ступеня впливу факторів на вибір форми організації постачань добре погоджується ($20,6 > 12,6$).

Останнє дозволяє побудувати діаграму рангів для розглянутих факторів і установити, що найбільш значущими (домінуючими) є фактори $X_1 = K_1$ і $X_2 = Z_1$.

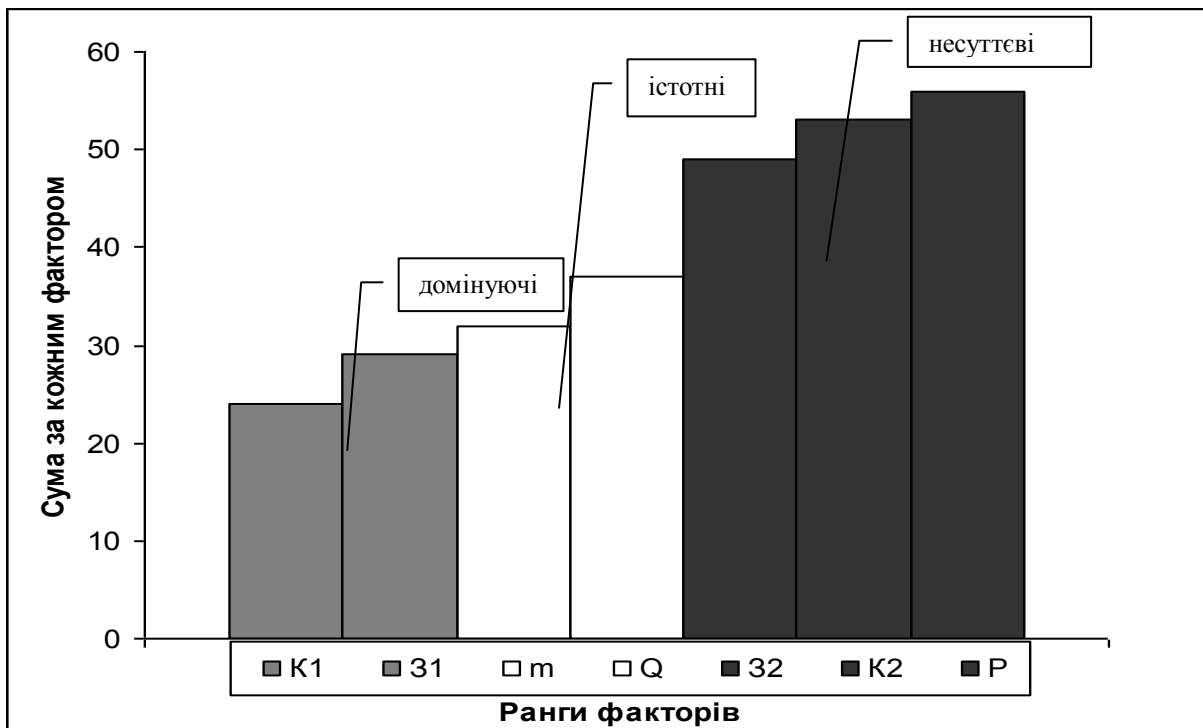


Рисунок 2.1 – Діаграма ранжирування факторів

9. Для кожного з i -х факторів визначаються середні інтервали зміни:

$$b_i^{\min} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{ij}^{\min},$$

$$b_i^{\max} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{ij}^{\max},$$

де b_{ij}^{\min} і b_{ij}^{\max} відповідно лівий і правий кінці інтервалу зміни i -го фактора, заданого j -м експертом (студентом).

10. Для найбільш важливих факторів додатково обчислюються середні значення:

$$\bar{b}_i = 0,5 \cdot (b_i^{\min} + b_i^{\max}).$$

Значення b_{ij}^{\min} і b_{ij}^{\max} , а також значення b_1 (для x_1) і b_2 (для x_2) використовуються при плануванні «наявних експериментів».

У додатку Д наводяться фактори, що рекомендуються для аналізу методом рангової кореляції.

Контрольні питання

1. Сутність методу рангової кореляції.
2. Принцип заповнення анкети.
3. Як визначити найбільш значущі фактори?
4. Що показує коефіцієнт конкордації?
5. Діаграма рангів і її призначення.

Практичне заняття № 3

Використання основних елементів теорії масового обслуговування (ТМО) у дослідженнях і при прийнятті управлінських рішень

Мета: оволодіти методикою досліджень із використанням ТМО при прийнятті управлінських рішень.

Короткі теоретичні відомості

Системи масового обслуговування (СМО) – це такі системи, в які, у випадкові моменти часу, надходять заявки на обслуговування, при цьому заявки, що надійшли, обслуговуються за допомогою наявних у розпорядженні системи постів, чи «каналів» обслуговування.

Прикладами систем масового обслуговування можуть служити:

1. Телефонні станції (АТС).
2. Станції технічного обслуговування автомобілів (СТОА).
3. Електронно-обчислювальні машини, які обслуговують заявки, що надходять, чи вимоги на рішення тієї чи іншої задачі й под.

Критеріями ефективності функціонування систем масового обслуго-

вування, у залежності від характеру розв'язуваної задачі, можуть служити:

1. Імовірність негайного обслуговування заявки, що надійшла.
2. Імовірність відмовлення в обслуговуванні заявки, що надійшла,
3. Середня кількість обслугованих заявок і заявок, що одержали відмовлення.
4. Середній час очікування в черзі.
5. Середня довжина черги.
6. Відносна й абсолютна пропускна здатність системи й т. д.

Розрізняють два основних види систем масового обслуговування.

1. Системи з відмовленнями, в яких заявка, що надійшла в систему в момент, коли всі канали зайняті, одержує відмовлення й відразу ж залишає чергу.

2. Системи з очікуванням (чергою), в яких заявка, що надійшла в момент, коли всі канали обслуговування зайняті, стає в чергу й чекає, поки не звільниться один з каналів.

Системи масового обслуговування поділяються на системи з обмеженим очікуванням і системи з необмеженим очікуванням.

У системах з обмеженим очікуванням може обмежуватися:

1. Довжина черги, наприклад, кількість місць для очікування в черзі.
2. Час перебування в черзі.

У системах з необмеженим очікуванням заявка, що чекає в черзі, чекає обслуговування необмежено довго, тобто поки не підійде її черга.

Розглянемо на конкретних прикладах порядок дослідження ефективності функціонування систем масового обслуговування з відмовленнями.

Варіанти завдань наведено в додатку Е.

Одноканальна система з відмовленнями

Розглянемо найпростіший випадок, коли система масового обслуговування має у своєму розпорядженні всього лише один канал ($n=1$) і працює з відмовленнями. Нехай це буде банк, що має лише один оперативний відділ для обслуговування юридичних осіб. Графік станів зазначеної системи показаний на рисунку 3.1.

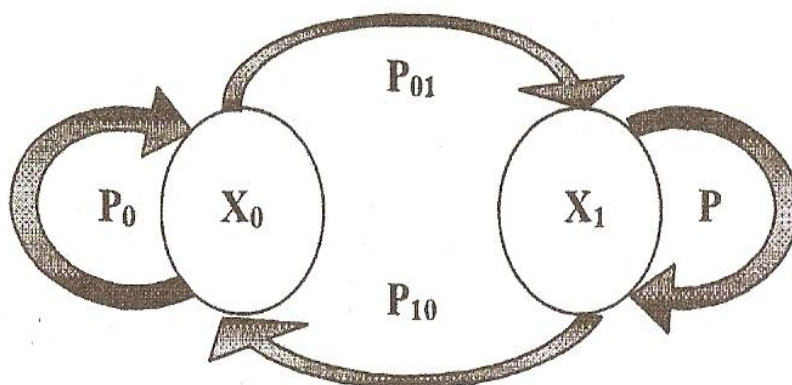


Рисунок 3.1 – Графік станів системи масового обслуговування з відмовленнями

На рисунку 3.1 позначено:

X_0 – стан системи, коли канал не зайнятий;

X_i – стан системи, коли канал зайнятий.

Приклад 1. Досліджується робота відділу банку з відмовленнями. Банк має у своєму розпорядженні один відділ, тобто один канал ($n = 1$). У банк надходить найпростіший пуасоновський потік заявок за банківською системою «клієнт – банк» із щільністю $\lambda = 5$ звертань у годину. Час обслуговування розподілений за показовим законом і характеризується середньою тривалістю $M_{t \text{ обсл}} = 0,333$ години на заявку. Потрібно визначити числові характеристики функціонування банку за 10-годинний робочий день.

Розв'язання

1. Знаходимо щільність чи інтенсивність обслуговування

$$\mu = \frac{1}{M_{t \text{ обсл}}} = \frac{1}{0,333} = 3 \text{ заявки в годину.}$$

2. Знаходимо ймовірність того, що заявка буде обслугована негайно. Зазначена ймовірність називається відносною пропускну здатністю системи масового обслуговування

$$P_0 = q_{\text{відн}} = \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{3}{3 + 5} = 0,375.$$

Це значить, що 37,5 % заявок, що надійшли по банківській системі «клієнт – банк» буде негайно обслуговано.

3. Знаходимо абсолютну пропускну здатність банку (один із важливих критеріїв функціонування організації).

За одну годину

$$Q_{\text{абс}} = \lambda \cdot P_0 = 5 \cdot 0,375 = 1,875 \text{ заявок.}$$

За десять годин

$$Q_{\text{абс}} = t \cdot 5 \cdot 0,375 = \lambda \cdot P_0 = 10 \cdot 5 \cdot 0,375 = 1,875 \text{ заявок.}$$

4. Визначаємо ймовірність відмовлення

$$P_{\text{відм}} = 1 - P_0 = 1 - 0,375 = 0,625.$$

Це значить, що 62,5 % заявок, що надходять, одержать відмовлення.

5. Знаходимо номінальну, максимально можливу пропускну здатність за 10-годинний робочий день.

Як бачимо абсолютна пропускну здатність банку приблизно в 1,5 рази менше номінальної, максимально можливої. Зазначена розбіжність пояснюється випадковим характером потоку заявок і випадковим часом обслуговування заявок.

Багатоканальна система масового обслуговування з відмовленнями

Припустимо, що система функціонує з відмовленнями й має у своєму розпорядженні n каналів (див. рис. 3.2).

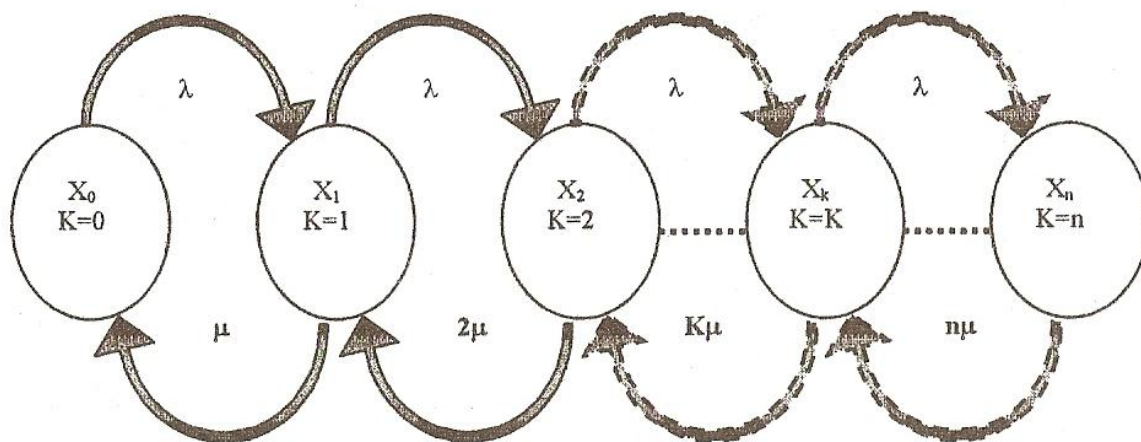


Рисунок 3.2 – Багатоканальна система масового обслуговування з відмовленнями, що має n каналів, де K – кількість зайнятих каналів

Приклад 2. Досліджується робота СТОА, що має у своєму розпорядженні чотири підйомники ($n = 4$). Станція працює з відмовленнями 10 годин на добу. Статистичними спостереженнями встановлено, що на станцію надходить найпростіший потік заявок із щільністю $\lambda = 3$ заявки в годину. Час обслуговування розподілений за показовим законом й у середньому складає $M_{t\text{ обсл}} = 2$ години на машину. Потрібно знайти числові характеристики ефективності функціонування станції.

Роз'язання

1. Складаємо графік станів системи (див. рис. 3.3).

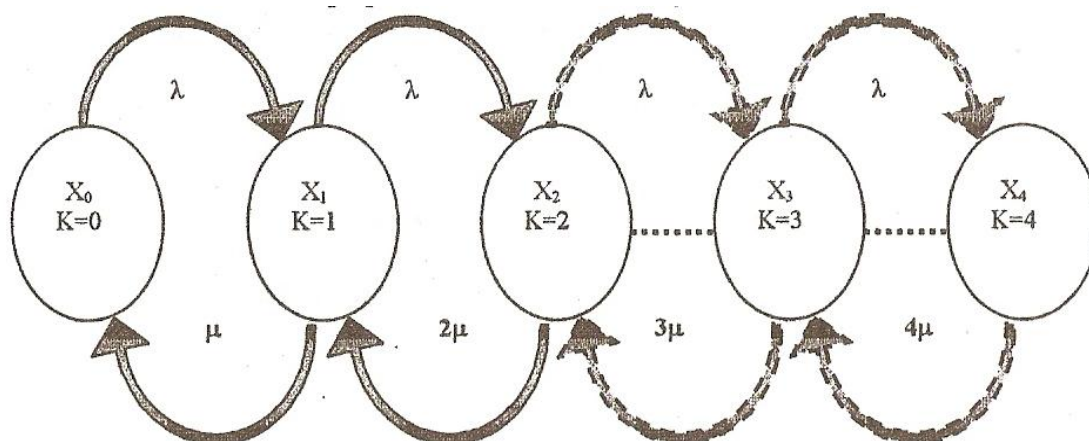


Рисунок 3.3 – Графік станів багатоканальної системи масового обслуговування з відмовленнями ($n = 4$), де K – кількість зайнятих каналів

2. Визначаємо щільність потоку обслуговування одним каналом.

$$\mu = \frac{1}{M_t \text{ обсл}} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ авт/год.}$$

3. Визначаємо приведену щільність потоку заявок, тобто завантаження системи:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{3}{0,5} = 6.$$

4. Визначаємо ймовірність того, що система повинна бути у стані X_0 , тобто середню частку повного простою станції:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{\infty} \frac{\alpha^k}{k!}} = \frac{1}{\frac{6^0}{0!} + \frac{6^1}{1!} + \frac{6^2}{2!} + \frac{6^3}{3!} + \frac{6^4}{4!} + \dots} = \frac{1}{1 + 6 + 18 + 36 + 54 + \dots} = 0,00869.$$

Це значить, що 0,87 % часу станція в середньому буде простоювати.

5. Визначаємо ймовірності інших станів системи:

$$P_1 = \frac{\alpha}{1!} \cdot P_0 = 6 \cdot 0,00869 = 0,0521;$$

$$P_2 = \frac{\alpha^2}{2!} \cdot P_0 = \frac{36}{2} \cdot 0,00869 = 0,1565;$$

$$P_3 = \frac{\alpha^3}{3!} \cdot P_0 = \frac{6 \cdot 6 \cdot 6}{6} \cdot 0,00869 = 0,313;$$

$$P_4 = \frac{\alpha^4}{4!} \cdot P_0 = \frac{6 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 6}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cdot 0,00869 = 0,4695.$$

Переконаємося, що розрахунок виконаний правильно:

$$0,00869 + 0,0521 + 0,1565 + 0,313 + 0,4695 \cong 1,0.$$

6. Визначаємо відмовлення системи. Воно дорівнює:

$$P_{\text{відм}} = P_4 = 0,4695.$$

7. Обчислюємо відносну пропускну здатність станції:

$$q_{\text{відн}} = 1 - P_{\text{відм}} = 1 - 0,4695 = 0,5305.$$

Це значить, що 47 % машин одержує відмовлення та 53 % машин будуть обслуговані.

8. Обчислюємо абсолютну пропускну здатність станції (один з основних критеріїв ефективності функціонування системи).

За одну годину:

$$Q_{\text{абс}} = \lambda q_{\text{відн}} = 3 \cdot 0,53 = 1,59 \text{ авт.}$$

За десять годин:

$$Q_{\text{абс}} = t \lambda q_{\text{відн}} = 3 \cdot 0,53 \cdot 10 = 15,9 \text{ авт.}$$

9. Знаходимо номінальну, тобто максимально можливу пропускну здатність станції

$$Q_{\text{ном}} = \mu \cdot t \cdot n = 0,5 \cdot 10 \cdot 4 = 20 \text{ авт.}$$

10. Визначаємо математичне чекання кількості зайнятих каналів

$$M[k] = \sum_{k=1}^n k \cdot P_k = 1 \cdot 0,0521 + 2 \cdot 0,1565 + 3 \cdot 0,313 + 4 \cdot 0,4695 = 3,18 \text{ кан.}$$

Приклад 3. Досліджується функціонування станції мийки автомобілів, що працює з відмовленнями. На станцію надходить найпростіший потік автомобілів із щільністю $\lambda = 3$ авт/год. Час обслуговування розподілений по показовому закону й характеризується в середньому $M_t \text{ обсл} = 20$ хв/авт. Потрібно визначити кількість місць мийки « K », при якому ймовірність відмовлення не буде перевищувати 0,08.

Розв'язання

1. Визначаємо параметр α , тобто наведену щільність потоку заявок.

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda \cdot M_t \text{ обсл} = 3 \cdot \frac{1}{3} = 1.$$

2. Для системи з відмовленнями ймовірність відмовлення чисельно дорівнює $P_{\text{відм}} = P(k)$.

Це значить, що досліджувана ймовірність дорівнює:

$$P_{\text{відм}} = P(k) = \frac{\alpha^k / k!}{\sum_{k=0}^K \frac{\alpha^k}{k!}} \leq 0,08.$$

3. Для розв'язання задачі застосуємо метод послідовного наближення, тобто будемо вважати, що $K = 2, 3, 4$ і т. д.

Якщо $K = 2$, тоді:

$$P(k=2) = \frac{\alpha^k / k!}{\sum_{k=0}^2 \frac{\alpha^k}{k!}} = \frac{1/2}{\frac{1^0}{0!} + \frac{1^1}{1!} + \frac{1^2}{2!}} = \frac{0,5}{2,5} = 0,20.$$

Якщо $K = 3$, тоді:

$$P(k=3) = \frac{\alpha^k / k!}{\sum_{k=0}^{k=3} \frac{\alpha^k}{k!}} = \frac{1/6}{\frac{1^0}{0!} + \frac{1^1}{1!} + \frac{1^2}{2!} + \frac{1^3}{3!}} = \frac{0,166}{2,666} = 0,062.$$

Якщо $K = 4$, тоді:

$$P(k=4) = \frac{\alpha^k / k!}{\sum_{k=0}^{k=4} \frac{\alpha^k}{k!}} = \frac{1/24}{\frac{1^0}{0!} + \frac{1^1}{1!} + \frac{1^2}{2!} + \frac{1^3}{3!} + \frac{1^4}{4!}} = \frac{0,0416}{2,707} = 0,015.$$

Як бачимо, чим більше постів, тим менше ймовірність відмовлення в обслуговуванні. Для розглянутого прикладу для того, щоб імовірність відмовлення не перевищувала 0,08, треба мати три пости.

Контрольні питання

1. Що таке система масового обслуговування? Навести приклади.
2. Які критерії ефективності СМО в економічних дослідженнях?
3. Види систем масового обслуговування та їхня коротка характеристика.
4. Основні етапи розв'язання задачі одноканальної СМО з відмовленнями.
5. Основні етапи розв'язання задачі багатоканальної СМО з відмовленнями.
6. Які висновки можна зробити відповідно до виконаного розрахунку?

Практичне заняття № 4

Визначення оптимальних рішень для умов повної визначеності, а також стохастичної й повної невизначеності, коли математична модель задається у вигляді таблиці

Мета: оволодіти методикою для визначення оптимальних рішень у різних умовах визначеності.

Загальні відомості. У деяких випадках математичні моделі досліджуваних явищ чи процесів можуть бути задані у вигляді таблиць, елементами яких є значення приватних критеріїв ефективності функціонування системи, обчислені для кожної з порівнюваних стратегій при заданих зовнішніх умовах. Для розглянутих умов можуть мати місце наступні випадки:

- ухвалення рішення в умовах повної визначеності:
 - а) коли оцінка рішень виробляється за одним критерієм;
 - б) коли оцінка рішень виробляється за декількома критеріями;
- ухвалення рішення в умовах стохастичної невизначеності, коли зовнішні умови задаються ймовірностями;

– ухвалення рішення в умовах повної невизначеності, коли ймовірності зовнішніх умов невідомі.

Розглянемо кожний із зазначених випадків.

Ухвалення рішення в умовах повної визначеності

Для ілюстрації зазначеного випадку припустимо, що за допомогою статистичних спостережень були підраховані значення приватних критеріїв ефективності функціонування якого-небудь механізму, що виготовляється декількома підприємствами-виготовниками. Нехай це будуть бульдозери, що виготовляються на трьох заводах (див. табл. 4.1).

Примітки:

1. Значення приватних критеріїв дані в умовних одиницях.
2. Ваги приватних критеріїв λ_j отримані на основі експертних оцінок.

Таблиця 4.1 – Вибір оптимальної стратегії в умовах повної визначеності

Варіанти механізмів, які передбачуються різними заводами-виготовниками, тобто, стратегії, рішення, альтернативи	Підраховане значення часткових критеріїв ефективності для кожного із припущених бульдозерів			
	Продуктивність	Надійність	Економічний показник (ціна виробу)	Енергоємність
	Вага часткового критерія			
	$\lambda_1 = 4$	$\lambda_2 = 3$	$\lambda_3 = 2,5$	$\lambda_4 = 2$
Бульдозер заводу № 1, $x_1 (i = 1)$	$a_{11} = 2$	$a_{12} = 3$	$a_{13} = 7$	$a_{14} = 5$
Бульдозер заводу № 2, $x_2 (i = 2)$	$a_{21} = 3$	$a_{22} = 4$	$a_{23} = 5$	$a_{24} = 7$
Бульдозер заводу № 3, $x_3 (i = 3)$	$a_{31} = 5$	$a_{32} = 6$	$a_{33} = 6$	$a_{34} = 2$

Очевидно, що вибір оптимальної стратегії за одним критерієм не викликає ускладнень. Наприклад, якщо оцінювати бульдозери по продуктивності, то кращим є бульдозер заводу № 3.

Ускладнення виникають тоді, коли потрібно знайти оптимальне рішення з комплексу декількох критеріїв. Зазначена задача називається багатокритеріальною. Труднощі виникають у зв'язку з тим, що приватні критерії мають різну розміреність, тобто є числами іменованими. Для рішення зазначеної задачі спочатку виробляється перетворення приватних критеріїв у безрозмірні величини за формулами:

$$a_{\text{безр.}} = \frac{a_{\text{ном.}} - a_{\text{стат.}}}{a_{\text{ном.}}},$$

$$\text{або } a_{\text{безр.}} = \frac{a_{\text{стат.}} - a_{\text{ном.}}}{a_{\text{стат.}}}, \quad (4.2)$$

де $a_{\text{ном.}}$ – номінальне значення критерію, що задається технічними умовами;

$a_{\text{стат.}}$ – значення приватного критерію, що отримане на основі статистичних спостережень;

$a_{\text{безр.}}$ – безрозмірне (нормалізоване) значення приватного критерію.

Формулу (4.1) використовують у тому випадку, якщо збільшення розглянутого приватного критерію веде до збільшення узагальненого, тобто комплексного критерію. У протилежному випадку застосовується формула (4.2). Це правило можна сформулювати так: з більшого віднімається менше й поділяється на більше.

Після перекладу приватних критеріїв ефективності в безрозмірні величини сумарний (узагальнений) критерій $W_{\text{узаг}}$ обчислюється за формулою зваженого середнього арифметичного:

$$W_{i \text{ узаг.}} = \lambda_1 a_{i1} + \lambda_2 a_{i2} + \dots + \lambda_n a_{in} = \sum_{j=1}^n \lambda_j a_{ij}, \quad (4.3)$$

чи за формулою зваженого середнього геометричного:

$$W_{i \text{ узаг.}} = \sqrt{a_{i1}^{\lambda_1} \cdot a_{i2}^{\lambda_2} \cdot \dots \cdot a_{in}^{\lambda_n}}, \quad (4.4)$$

де $W_{i \text{ узаг.}}$ – сумарний (узагальнений) критерій, що обчислений для i -тої стратегії.

Застосовуючи формули (4.3) і (4.4), обчислюють для кожної зі стратегій значення сумарного (узагальненого) критерію. При цьому стратегія, що одержала найбільше значення узагальненого критерію, і є оптимальною.

Ухвалення рішення в умовах стохастичної невизначеності, коли зовнішні умови задаються своїми ймовірностями

Зазначений випадок виникає тоді, коли відомі значення приватних критеріїв ефективності, обчислені для різних видів зовнішніх умов. При цьому відомі також ймовірності зазначених зовнішніх умов. Покажемо порядок визначення найвигіднішої стратегії для розглянутих умов. Припустимо, що порівнюються чотири види екскаваторів, виготовлені різними заводами-виготовниками. Під зовнішніми умовами маються на увазі види ґрунтів, на яких передбачається використовувати зазначені екскаватори (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2. – Визначення оптимальної стратегії за максимумом математичного чекання виграшу

Можливі стратегії, рішення, альтернативи	Зовнішні умови, задані власними ймовірностями, і значення виграшем для кожної з порівняних стратегій				$M_1 [r_{ij}]$
	Глина	Пісок	Супісь	Кам'янистий ґрунт	
	$P_1 = 0,1$	$P_2 = 0,2$	$P_3 = 0,3$	$P_4 = 0,4$	
Екскаватор заводу № 1, x_1	$a_{11} = 7$	$a_{12} = 5$	$a_{13} = 1$	$a_{14} = 2$	
Екскаватор заводу № 2, x_2	$a_{21} = 3$	$a_{22} = 6$	$a_{23} = 3$	$a_{24} = 4$	
Екскаватор заводу № 3, x_3	$a_{31} = 4$	$a_{32} = 3$	$a_{33} = 5$	$a_{34} = 1$	
Екскаватор заводу № 4, x_4	$a_{41} = 1$	$a_{42} = 2$	$a_{43} = 7$	$a_{44} = 6$	

Знаходимо для заданих умов (табл. 4.2) математичні чекання виграшу для кожної з чотирьох порівнюваних стратегій, наприклад, для першої стратегії маємо

$$M_1 [a_{ij}] = \sum_{j=1}^4 a_{1j} P_j = 7 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,4 = 2,8.$$

Аналогічно для інших стратегій (див. останній стовпчик таблиці 4.2). Як бачимо, оптимальним рішенням є рішення δ_4 .

У повному курсі дослідження операцій доводиться теорема, відповідно до якої максимум математичного чекання виграшу еквівалентний мінімуму математичного чекання ризику. Перерахунок величин виграшу в значенні ризику здійснюється за формулою

$$r_{ij} = \max a_i - a_{ij}. \quad (4.5)$$

За допомогою зазначеної формули були перелічені значення виграшів, що поміщені в таблиці 4.2, у величини ризику (див. табл. 4.3).

Математичне чекання ризику

$$M_1 [r_{ij}] = \sum_{j=1}^n r_{1j} P_j. \quad (4.6)$$

Таблиця 4.3 – Визначення оптимальної стратегії за мінімумом математичного чекання ризику

Можливі стратегії, рішення, альтернативи	Зовнішні умови, задані своїми умовностями й значення ризику для кожної стратегії				$M_1[r_{ij}]$
	Глина	Пісок	Супісь	Кам'янистий ґрунт	
	$P_1 = 0,1$	$P_2 = 0,2$	$P_3 = 0,3$	$P_4 = 0,4$	
x_1	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}	\dot{I}_1
x_2	r_{21}	r_{22}	r_{23}	r_{24}	\dot{I}_2
x_3	r_{31}	r_{32}	r_{33}	r_{34}	\dot{I}_3
x_4	r_{41}	r_{42}	r_{43}	r_{44}	M_4

Ухвалення рішення в умовах повної невизначеності, коли ймовірності зовнішніх умов невідомі

Крім розглянутих вище випадків, у практиці рішення задач можуть мати місце такі ситуації, коли відомі значення виграшів для різних зовнішніх умов, однак ймовірності зазначених зовнішніх умов невідомі. У цьому випадку, для визначення оптимальних рішень застосовуються розглянуті нижче методи чи підходи, запропоновані Вальдом, Севиджем і Гурвицем. Розглянемо зазначені методи.

Максимальний метод Вальда

Для визначення максимальної стратегії, відповідно до методу Вальда, у кожному рядку таблиці 4.4 обчислюється мінімальний виграш і з отриманих мінімальних виграшів вибирається максимальний. Рішення, що відповідає цьому значенню, і буде оптимальним, тобто

$$X_{opt} = \max_i \left[\min_j r_{ij} \right], \quad (4.7)$$

де X_{opt} – оптимальне рішення (оптимальна стратегія);

a_{ij} – виграші, що відповідають різним стратегіям, обчислені для різних зовнішніх умов.

Проілюструємо застосування зазначеного методу на прикладі. Припустимо, що для чотирьох можливих стратегій при різних зовнішніх умовах були підраховані значення виграшів (див. табл. 4.4). Потрібно, застосовуючи метод Вальда, визначити оптимальну стратегію.

Таблиця 4.4 – Визначення оптимальної стратегії відповідно до методу Вальда

Рішення, стратегії, альтернативи, види продукції	Зовнішні умови та відповідні їм значення виграшей для кожної стратегії			$\min_j [a_{ij}]$
	Глина	Пісок	Супісь	
	Y_1	Y_2	Y_3	
x_1	$a_{11} = 0,20$	$a_{12} = 0,30$	$a_{13} = 0,15$	a_1
x_2	$a_{21} = 0,75$	$a_{22} = 0,20$	$a_{23} = 0,35$	a_2
x_3	$a_{31} = 0,25$	$a_{32} = 0,80$	$a_{33} = 0,75$	a_3
x_4	$a_{41} = 0,85$	$a_{42} = 0,05$	$a_{43} = 0,45$	a_4

Розглядаючи значення, поміщені в останньому стовпці таблиці 4.4, визначаємо найбільше значення з мінімальних виграшів і стратегію, якій відповідає отримане значення.

Метод Вальда називають методом крайнього песимізму, тому що відповідно до методу «завжди треба розраховувати на гірше».

Метод мінімаксного ризику Севиджа

Метод Севиджа подібний до методу Вальда з тією лише різницею, що значення критеріїв ефективності в статистичній таблиці виражається у величинах ризику. Перерахування величин виграшу в значення ризику, виробляється за допомогою наведеної вище формули 4.5. Так, наприклад, для умов, що показані в таблиці 4.4, маємо

$$r_{11} = a_{max} - a_{11} = 0,85 - 0,20 = 0,65;$$

$$r_{12} = a_{max} - a_{12} = 0,80 - 0,30 = 0,50 \text{ і т. д. (див. табл. 4.5).}$$

Таблиця 4.5 – Визначення оптимальної стратегії відповідно до методу Севиджа

Рішення, стратегії, альтернативи, види продукції	Зовнішні умови			$\max_j [a_{ij}]$
	Глина	Пісок	Супісь	
	Y_1	Y_2	Y_3	
x_1	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_1
x_2	r_{21}	r_{22}	r_{23}	r_2
x_3	r_{31}	r_{32}	r_{33}	r_3
x_4	r_{41}	r_{42}	r_{43}	r_4

Відповідно до методу Севиджа, у кожному рядку стратегічної таблиці 4.5 обчислюється максимальне значення ризику й з отриманих значень вибирається мінімальний ризик. Рішення, що відповідає цьому зна-

ченню, і буде оптимальним, тобто

$$X_{onm} = \min_i \left[\max_j r_{ij} \right]. \quad (4.8)$$

Зазначимо, що метод Севиджа, так само як і метод Вальда, є методом крайнього песимізму. Однак, песимізм у випадку застосування методу Севиджа виявляється в тому, що з максимальних значень ризиків вибирається мінімальний.

Метод песимізму – оптимізму Гурвиця

Для умов, коли зовнішні умови не задані своїми ймовірностями (випадок повної невизначеності), оптимальна стратегія може визначатися не тільки за допомогою методів Вальда чи Севиджа, але й за допомогою методу Гурвиця. Метод Гурвиця дозволяє визначати оптимальну стратегію в деякому діапазоні від крайнього песимізму до крайнього оптимізму.

Оптимальна стратегія, відповідно до цього методу, обчислюється за формулою

$$X_{onm} = \max_i \left[k \cdot \min_j a_{ij} + (1 - k) \max_j a_{ij} \right], \quad (4.9)$$

де k – коефіцієнт, що лежить у межах $0 < k < 1$.

Неважко побачити, що при $k = 1$ метод Гурвиця перетвориться в метод Вальда. При $k = 0$ метод Гурвиця перетвориться в метод крайнього оптимізму. При середньому значенні k , наприклад, при $0,4 < k < 0,6$ метод Гурвиця є середнім між методом крайнього песимізму й крайнього оптимізму.

Порядок визначення оптимальної стратегії, відповідно до методу Гурвиця для умов, що показані в таблиці 4.4, при $k = 0,6$:

- для першої стратегії $x_1 = 0,6 \cdot 0,15 + 0,4 \cdot 0,30 = 0,21$;
- для другої стратегії $x_2 = 0,6 \cdot 0,20 + 0,4 \cdot 0,75 = 0,42$;
- для третьої стратегії $x_3 = 0,6 \cdot 0,25 + 0,4 \cdot 0,80 = 0,47(\max)$;
- для четвертої стратегії $x_4 = 0,6 \cdot 0,05 + 0,4 \cdot 0,85 = 0,37$.

Оптимальною, відповідно до методу Гурвиця, є стратегія x_3 . Зазначені методи застосовуються при порівняльному аналізі різних видів автомобільних і дорожніх засобів і систем. Зокрема, при розв'язанні задачі про конкурентну здатність автомобілів і дорожньо-будівельних машин України.

Дані для розв'язання задач з практичної роботи наведено в додатку Ж, К, Л.

Контрольні питання

1. Як приймаються рішення в умовах повної визначеності?
2. Яким чином вирішуються питання в умовах стохастичної невизначеності?
3. Як оптимально вибрати стратегію в умовах повної невизначеності, коли ймовірності зовнішніх умов невідомі?
4. Які висновки необхідно зробити при дослідженнях такого характеру?

4 ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ НДРС ПРИ ВИКОНАННІ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ

Елементи науково-дослідної роботи включаються в курсові проекти (роботи) як окремі фрагменти, що складають не менше 30 % трудомісткості проекту (роботи). Власне кажучи, цей фрагмент представляє окремі питання НДРС, що одержали достатнє обґрунтування для їхнього практичного застосування. Упроваджуване в курсовий проект рішення повинно бути тісно пов'язане з темою проекту й знаходити висвітлення у всіх питаннях завдання.

5 ЗВ'ЯЗОК РОЗДІЛІВ НДРС

Усі форми наукової праці студентів, усі види занять і розділи НДРС взаємозалежні й складають на кафедрі єдине ціле. Координацію всіх видів занять і розділів НДРС здійснює завідувач кафедрою й відповідальний за НДРС на кафедрі.

До наукової праці на кафедрі залучаються також студенти 1 і 2 курсів. Вони пишуть реферати по темах дослідження, виступають з доповідями на студентських конференціях. Тематика й програма досліджень уточнюються на кафедрі, а потім виконуються до дипломного проектування.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ»

1. Визначення та основні особливості науки.
2. Наука як система знань.
3. Загальнонаукові методи досліджень.
4. Наукові установи та кадри.
5. Методи обґрунтування тем наукових досліджень.
6. Порядок будування, викладання та формулювання науково-дослід-

ницької роботи (НДР).

7. Складання техніко-економічного обґрунтування до проведення НДР.
8. Стадії досліджень.
9. Інформаційний пошук.
10. Аналіз інформації та формулювання завдань наукового дослідження.
11. Загальні аспекти.
12. Моделі досліджень.
13. Аналітичні методи.
14. Імовірно-статистичні методи досліджень.
15. Методи системного аналізу.
16. Методологія експерименту.
17. Розробка плану-програми експерименту.
18. Основні поняття планування експерименту.
19. Методи графічного відображення результатів досліджень.
20. Методи підбору емпіричних формул.
21. Регресійний аналіз.
22. Визначення адекватності теоретичних рішень.
23. Оцінка вимірювань (спостережень) в експериментальних дослідженнях.
24. Проведення експерименту.
25. Засоби вимірювань.
26. Аналіз теоретично-експериментальних досліджень і формулювання висновків та пропозицій.
27. Види систематизації наслідків досліджень та їх зміст.
28. Звіт про науково-дослідницьку роботу, його зміст та методика складання.
29. Підготовка наукових матеріалів до опублікування в пресі.
30. Особливості творчої праці в дослідницькій діяльності.
31. Організація праці та її планування в наукових дослідженнях.
32. Раціональний трудовий режим дослідника та організація робочого місця.
33. Упровадження закінчених наукових досліджень.
34. Ефективність наукових досліджень та її критерії.
35. Розрахунок економічної ефективності наукових досліджень.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білуха М. Т. Основи наукових досліджень: підручник / М. Т. Білуха. – К.: Вища шк., 1997. – 271 с.
2. Лудченко А. А. Основы научных исследований: учеб. пособие / под ред. А. А. Лудченко, Я. А. Лудченко, Т. А. Примака. – К.: Знання, КОО, 2000. – 114 с.
3. Завадский Ю. В. Статистическая обработка эксперимента в задачах автомобильного транспорта / Ю. В. Завадский. – М.: МАДИ, 1982. – 136 с.
4. Економіка і організація виробництва: ситуаційні задачі і ділові ігри: навч. посібник / А. Й. Ягодзинський, А. Я. Тарнавський, Л. Е. Дяченко та ін. – К.: Либідь, 1993. – 240 с.
5. Шелобаев С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: учебн. пособие для ВУЗов / С. И. Шелобаев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 367 с.
6. Методическое пособие к изучению курса «Основы научных исследований» (для студентов спец. 6.050200 «Менеджмент организаций» всех форм обучения) / сост. В. А. Кулаков, В. В. Галушка. – Горловка: АДИ ГВУЗ «ДонНТУ», 2010. – 106 с.

ДОДАТОК А
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ № 1

Таблиця А.1 – Ходимість двигунів автомобілів ГАЗ-53А тис/км при дисбалансі колінчастих валів (100–200) г/см

№ з/п	Статистичний ряд
1	45,2
2	42,3
3	48,3
4	39,0
5	46,2
6	47,9
7	52,5
8	46,4
9	49,5
10	47,3
11	40,1
12	44,7
13	44,1
14	42,2
15	50,1
16	45,4
17	44,8
18	45,8
19	41,4
20	47,7

Таблиця А.2 – Ходимість двигунів автомобіля ГАЗ-53А, тис/км
(дисбаланс колінчастих валів (15–60) г/см)

№ з/п	Статистичний ряд
1	54,3
2	50,2
3	56,3
4	42,5
5	50,1
6	48,5
7	52,0
8	46,3
9	50,0
10	47,6
11	51,8
12	50,9
13	48,1
14	52,2
15	53,8
16	49,9
17	49,0
18	44,5
19	53,9
20	46,7

Таблиця А.3 – Витрата запасних частин у вартісному вираженні (у. о.) при ремонті двигунів, що розібрані на поточно-механізованій лінії

№ з/п	Статистичний ряд	№ з/п	Статистичний ряд
1	525	23	255
2	440	24	245
3	400	25	150
4	320	26	155
5	360	27	150
6	310	28	150
7	370	29	200
8	350	30	165
9	340	31	220
10	300	32	170
11	270	33	180
12	250	34	190
13	230	35	125
14	240	36	75
15	260	37	145
16	225	38	110
17	260	39	110
18	280	40	95
19	290	41	0
20	295	42	55
21	235	43	56
22	225		

Таблиця А.4 – Витрати запасних частин у вартісному вираженні (у. о.) при ремонті двигунів, що розібрані на тупикових робочих місцях

№ з/п	Статистичний ряд	№ з/п	Статистичний ряд
1	0	26	425
2	20	27	380
3	60	28	400
4	130	29	280
5	125	30	235
6	150	31	265
7	150	32	240
8	150	33	255
9	100	34	290
10	80	35	235
11	150	36	260
12	150	37	250
13	160	38	240
14	180	39	285
15	155	40	270
16	180	41	250
17	170	42	275
18	175	43	275
19	200	44	330
20	210	45	325
21	220	46	340
22	600	47	370
23	490	48	360
24	470	49	310
25	425		

ДОДАТОК Б

СТАТИСТИЧНІ ЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ПІРСОНА

Таблиця Б.1 – Критичні точки розподілу Пірсона

Кількість ступенів свободи, R	Рівень значимості					
	0,01	0,025	0,05	0,95	0,975	0,99
1	6,6	5,0	3,8	0,0039	0,00098	0,00016
2	9,2	7,4	6	0,103	0,051	0,02
3	11,3	9,4	7,8	0,352	0,216	0,115
4	13,3	11,1	9,5	0,711	0,484	0,297
5	15,1	12,8	11,1	1,15	0,831	0,554
6	16,8	14,4	12,6	1,64	1,24	0,872
7	18,5	16	14,1	2,17	1,69	1,24
8	20,1	17,5	15,5	2,73	2,18	1,65
9	21,7	19	16,9	3,33	2,7	2,09
10	23,2	20,5	18,3	3,94	3,25	2,56
11	24,7	21,9	19,7	4,57	3,82	3,05
12	26,2	23,3	21	5,23	4,4	3,57
13	27,7	24,7	22,4	5,89	5,01	4,11
14	29,1	26,1	23,7	6,57	5,63	4,66
15	30,6	27,5	25	7,26	6,26	5,23
16	32	28,8	26,3	7,96	6,91	5,81
17	33,4	30,2	27,6	8,67	7,56	6,41
18	34,8	31,5	28,9	9,39	8,23	7,01
19	36,2	32,9	30,1	10,1	8,91	7,63
20	37,6	34,2	31,4	10,9	9,59	8,26
21	38,9	35,5	32,7	11,6	10,3	8,9
22	40,3	36,8	33,9	12,3	11	9,54
23	41,6	38,1	35,2	13,1	11,7	10,2
24	43	39,4	36,4	13,8	12,4	10,9
25	44,3	40,6	37,7	14,6	13,1	11,5
26	45,6	41,9	38,9	15,4	13,8	12,2
27	47	43,2	40,1	16,2	14,6	12,9
28	48,3	44,5	41,3	16,9	15,3	13,6
29	49,6	45,7	42,6	17,7	16	14,3
30	50,9	47	43,8	18,5	16,8	15

ДОДАТОК В
СТАТИСТИЧНІ ЗНАЧЕННЯ ВІДПОВІДНОЇ
НАДІЙНОСТІ ВИМІРІВ ($n > 121$)

Таблиця В. 1 – Значення t_{β} при заданій надійності виміру β і великій кількості вимірів ($n > 121$)

β	t_{β}	β	t_{β}	β	t_{β}	β	t_{β}
0,80	1,282	0,86	1,475	0,91	1,694	0,97	2,169
081	1,310	0,87	1,513	0,92	1,750	0,98	2,325
082	1,340	0,88	1,554	0,93	1,810	0,99	2,576
083	1,371	0,89	1,597	0,94	1,880	0,9973	3,000
084	1,404	0,90	1,643	0,95	1,960	0,999	3,290
085	1,439			0,96	2,053		

ДОДАТОК Г
СТАТИСТИЧНІ ЗНАЧЕННЯ ВІДПОВІДНОЇ
НАДІЙНОСТІ ВИМІРІВ ($n \leq 121$)

Таблиця Г.1 – Значення t_{β} у залежності від β ($n-1$) (при $n \leq 121$)

$n-1$	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
1	3,080	6,310	12,71	31,80	63,70	637,20
2	1,886	2,920	4,30	6,96	9,92	31,60
3	1,638	2,350	3,18	4,54	5,84	12,94
4	1,533	2,130	2,77	3,75	4,60	8,61
5	1,476	2,020	2,57	3,36	4,03	6,86
6	1,440	1,943	2,45	3,14	4,71	5,96
7	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50	5,40
8	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36	5,04
9	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78
10	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17	4,59
11	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11	4,49
12	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06	4,32
13	1,350	1,771	2,16	2,65	3,01	4,22
14	1,345	1,761	2,14	2,62	2,98	4,14
15	1,341	1,753	2,13	2,60	2,95	4,07
16	1,337	1,746	2,12	2,58	2,92	4,02
17	1,333	1,740	2,11	2,57	2,90	3,96
18	1,330	1,734	2,10	2,55	2,88	3,92
19	1,328	1,729	2,09	2,54	2,86	3,88
20	1,325	1,725	2,09	2,53	2,84	3,85
21	1,323	1,721	2,08	2,52	2,83	3,82
22	1,321	1,717	2,07	2,51	2,82	3,79
23	1,319	1,714	2,07	2,50	2,81	3,77
24	1,318	1,711	2,06	2,49	2,80	3,74
25	1,316	1,708	2,06	2,48	2,79	3,72
26	1,315	1,706	2,06	2,48	2,78	3,71
27	1,314	1,703	2,05	2,47	2,77	3,69
28	1,313	1,701	2,05	2,47	2,76	3,67
29	1,311	1,699	2,04	2,46	2,76	3,66
30	1,310	1,697	2,04	2,46	2,75	3,65
40	1,303	1,684	2,02	2,42	2,70	3,55
60	1,296	1,671	2,00	2,39	2,66	3,46
120	1,289	1,658	1,98	2,36	2,62	3,37

ДОДАТОК Д
ФАКТОРИ, ЯКІ РЕКОМЕНДУЮТЬСЯ ПРИ ПРОВЕДЕННІ
ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ № 2

Приклад № 1

Аналіз факторів, які визначають успіх менеджерів

1. Уміння й бажання створювати результати.
2. Бажання й здатність нести відповідальність і приймати ризиковані рішення.
3. Готовність починати процеси змін, керувати ними й використовувати в інтересах організації.
4. Готовність до співробітництва.
5. Мистецтво приймати швидкі рішення, здатність передбачати майбутнє.
6. Широкий кругозір.
7. Почуття ситуації.
8. Здатність побачити, виділити головне.
9. Напористість.
10. Уміння керувати своєю думкою.
11. Повага до інших.
12. Здорове марнославство.

Приклад № 2

Аналіз факторів, які впливають на коливання цін на ринку продажу автомобілів

1. Реклама.
2. Виробництво (серійне, одиничне, масове).
3. Життєвий цикл (короткий, довгий).
4. Важливість ринку (значна, невелика).
5. Ринок (визнає товар, не визнає).
6. Сервіс (гарний, поганий).
7. Інфляція.

Приклад № 3

Аналіз факторів, які впливають на купівельну спроможність споживачів автомобілів

1. Родинний стан.
2. Склад родини.
3. Джерела доходу.
4. Посвідчення на право керування транспортним засобом.
5. Вік.

6. Рівень освіти.
7. Основне заняття.
8. Форма власності підприємства, на якому працює споживач.

Приклад № 4

Оцінка значущості шести факторів (критеріїв), що застосовуються для оцінки якості автомобілів-самоскидів

1. Продуктивність.
2. Надійність.
3. Ремонтопридатність.
4. Ціна виробу.
5. Технологічність.
6. Енергоємність.

Приклад № 5

Дослідження ефективності функціонування різних видів автомобілів

1. Наробіток на відмовлення.
2. Середній міжремонтний ресурс.
3. Середній термін служби до списання.
4. Середній ресурс до капремонту.
5. ККД.
6. Трудомісткість виготовлення.
7. Технічна продуктивність.
8. Трудомісткість обслуговування.
9. Енергоємність.

Приклад № 6

Фактори, які впливають на формування тарифу на автобусні перевезення пасажирів при вільному ціноутворенні

1. Ціни конкурентів.
2. Загальні витрати автопідприємства.
3. Попит на пасажирські перевезення,
4. Реклама та інша інформація про перевагу автобусних перевезень.
5. Наявність унікальних послуг.
6. Наявність додаткових послуг.
7. Галузевий норматив рентабельності автопідприємств.
8. Престиж автобусних перевезень.
9. Пропозиція перевезень на ринку.
10. Рівень інфляції.
11. Страхування автоперевезень.
12. Рівень платоспроможності населення.

13. Якість наданих послуг.

14. Вид перевезень: приміські чи міські (тобто довжина маршруту).

Приклад № 7

Аналіз факторів, які впливають на комп'ютеризацію в організації

1. Дохід підприємства.

2. Рівень кваліфікації кадрів.

3. Форма власності підприємства.

4. Вікова категорія кадрів.

5. Життєвий цикл програмного забезпечення.

6. Невідповідність приміщень під установку устаткування.

7. Витрати на підготовчо-заклучний час.

ДОДАТОК Е

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ №3

Таблиця Е. 1 – Одноканальна система з відмовленнями

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Найменування показника	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Щільність заявок λ	6	7	8	9	10	10	11	12	13	15
Час обслуговування $M_t \text{ обл.}$, годин	0,33	0,35	0,29	0,28	0,27	0,25	0,40	0,50	0,32	0,20
Тривалість роботи, годин	8					10				

Таблиця Е.2 – Багатоканальна система обслуговування (а)

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Найменування показника	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число каналів n	2	3	4	5	6	7	8	8	8	8
Щільність заявок X	3	4	5	6	7	8	8	9	10	3
Час обслуговування $M_t \text{ обл.}$, годин	1,2	1,6	1,8	2,0	2,4	2,6	2,8	3,1	3,1	3,2
Тривалість роботи, годин	8	12	12	12	14	14	16	16	24	24

Таблиця Е.3 – Багатоканальна система обслуговування (б)

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Найменування показника	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Імовірність відмовлення $P_{\text{відм}}$	0,08	0,09	0,10	0,06	0,15	0,16	0,20	0,25	0,30	0,50
Щільність заявок λ	3	4	5	6	2	3	4	5	5	2
Час обслуговування $M_t \text{ обл.}$, хв.	20	15	30	20	25	25	18	10	15	20

ДОДАТОК Ж

ДАНІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ В УМОВАХ ПОВНОЇ ВИЗНАЧЕНОСТІ

Таблиця Ж.1 – Дані для рішення задач в умовах повної визначеності

Варіант		Показник	Продуктивність	Надійність	Ціна	Енергоємність
1	Бульдозер № 1	2	6	5	8	
	Бульдозер № 2	4	5	1	7	
	Бульдозер № 3	5	6	3	9	
	Бульдозер № 4	6	7	2	7	
2	Бульдозер № 1	7	5	1	8	
	Бульдозер № 2	5	4	2	6	
	Бульдозер № 3	6	5	1	5	
	Бульдозер № 4	5	4	2	4	
3	Бульдозер № 1	4	5	9	3	
	Бульдозер № 2	3	8	5	4	
	Бульдозер № 3	6	9	8	4	
	Бульдозер № 4	8	9	7	3	
4	Бульдозер № 1	9	8	5	4	
	Бульдозер № 2	7	9	4	5	
	Бульдозер № 3	6	2	8	9	
	Бульдозер № 4	5	3	6	7	
5	Бульдозер № 1	9	3	5	4	
	Бульдозер № 2	3	7	4	9	
	Бульдозер № 3	2	4	3	8	
	Бульдозер № 4	3	7	2	1	
6	Бульдозер № 1	4	3	7	1	
	Бульдозер № 2	3	7	6	2	
	Бульдозер № 3	3	6	2	5	
	Бульдозер № 4	4	5	1	3	
7	Бульдозер № 1	6	9	1	2	
	Бульдозер № 2	7	4	2	4	
	Бульдозер № 3	8	7	3	5	
	Бульдозер № 4	9	8	4	6	
8	Бульдозер № 1	6	9	5	7	
	Бульдозер № 2	9	2	6	5	
	Бульдозер № 3	6	4	7	8	
	Бульдозер № 4	4	6	8	3	
9	Бульдозер № 1	8	4	9	2	
	Бульдозер № 2	9	7	8	1	
	Бульдозер № 3	4	6	9	1	
	Бульдозер № 4	3	5	8	2	
10	Бульдозер № 1	4	3	7	8	
	Бульдозер № 2	5	6	8	3	
	Бульдозер № 3	7	6	4	8	
	Бульдозер № 4	3	8	7	6	
Вага часткового критерію λ		4	2,5	3,5	1,5	

ДОДАТОК К

ДАНІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ В УМОВАХ СТОХАСТИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Таблиця К.1 – Дані для розв'язання задач в умовах стохастичної невизначеності

Показник		Глина	Пісок	Супісь	Кам'янистий ґрунт
Варіант					
1	Бульдозер № 1	2	8	1	7
	Бульдозер № 2	3	7	3	6
	Бульдозер № 3	4	2	4	5
	Бульдозер № 4	5	6	7	4
2	Бульдозер № 1	3	4	6	6
	Бульдозер № 2	6	8	4	5
	Бульдозер № 3	7	5	3	6
	Бульдозер № 4	7	3	4	8
3	Бульдозер № 1	8	2	7	8
	Бульдозер № 2	9	7	5	4
	Бульдозер № 3	6	1	9	3
	Бульдозер № 4	1	4	9	2
4	Бульдозер № 1	4	3	6	1
	Бульдозер № 2	5	2	3	6
	Бульдозер № 3	9	7	6	5
	Бульдозер № 4	3	9	7	5
5	Бульдозер № 1	9	5	6	8
	Бульдозер № 2	5	4	4	6
	Бульдозер № 3	7	3	1	5
	Бульдозер № 4	9	4	2	4
6	Бульдозер № 1	6	5	1	9
	Бульдозер № 2	5	4	2	1
	Бульдозер № 3	4	6	9	2
	Бульдозер № 4	8	4	5	3
7	Бульдозер № 1	1	2	9	6
	Бульдозер № 2	8	7	5	3
	Бульдозер № 3	7	8	6	9
	Бульдозер № 4	4	7	5	2
8	Бульдозер № 1	9	8	4	5
	Бульдозер № 2	6	9	5	3
	Бульдозер № 3	7	6	5	3
	Бульдозер № 4	4	3	8	7
9	Бульдозер № 1	3	1	7	6
	Бульдозер № 2	2	8	3	5
	Бульдозер № 3	7	5	6	9
	Бульдозер № 4	6	4	5	2
10	Бульдозер № 1	5	6	8	1
	Бульдозер № 2	1	9	4	3
	Бульдозер № 3	4	3	8	4
	Бульдозер № 4	9	7	3	6
Імовірність P		0,2	0,15	0,35	0,3

ДОДАТОК Л

ДАНІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ В УМОВАХ ПОВНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Таблиця Л.1 – Дані для розв'язання задач в умовах повної невизначеності

Варіант \ Показник		Глина	Пісок	Супісь
1	2	3	4	5
1	x_1	0,20	0,85	0,10
	x_2	0,35	0,75	0,30
	x_3	0,55	0,20	0,45
	x_4	0,50	0,60	0,70
2	x_1	0,35	0,45	0,65
	x_2	0,60	0,05	0,45
	x_3	0,75	0,55	0,35
	x_4	0,70	0,35	0,45
3	x_1	0,85	0,20	0,70
	x_2	0,95	0,75	0,05
	x_3	0,60	0,10	0,95
	x_4	0,10	0,45	0,90
4	x_1	0,45	0,30	0,60
	x_2	0,50	0,25	0,35
	x_3	0,95	0,05	0,65
	x_4	0,30	0,90	0,75
5	x_1	0,95	0,55	0,65
	x_2	0,55	0,40	0,45
	x_3	0,70	0,30	0,15
	x_4	0,90	0,40	0,20
6	x_1	0,65	0,50	0,15
	x_2	0,55	0,45	0,25
	x_3	0,40	0,65	0,90
	x_4	0,80	0,40	0,05
7	x_1	0,15	0,25	0,95
	x_2	0,85	0,75	0,55
	x_3	0,75	0,80	0,65
	x_4	0,40	0,70	0,50
8	x_1	0,90	0,85	0,40
	x_2	0,65	0,90	0,05
	x_3	0,75	0,65	0,50
	x_4	0,40	0,35	0,80

Продовження таблиці Л.1

1	2	3	4	5
9	x_1	0,35	0,15	0,75
	x_2	0,25	0,80	0,30
	x_3	0,70	0,55	0,65
	x_4	0,65	0,40	0,55
10	x_1	0,50	0,65	0,85
	x_2	0,15	0,95	0,45
	x_3	0,45	0,30	0,80
	x_4	0,90	0,75	0,35