



Національний університет
водного господарства та природокористування

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра «Транспортних технологій і технічного сервісу»



02-03-50

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять та самостійного вивчення
дисципліни «Методи наукових досліджень»
(для студентів спеціальностей 8.07010102 «Організація
перевезень і управління на транспорті (автомобільний транспорт)»
та 8.07010104 «Організація і регулювання дорожнього руху»)

Затверджено методичною
комісією за спеціальністю
8.07010102, «Організація
перевезень і управління на
транспорті (автомобільний
транспорт)»
Протокол №3 від 18 листопада 2014 р.

Рівне – 2014



Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Методи наукових досліджень» (для студентів спеціальностей 8.07010102 «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)» та 8.07010104 «Організація і регулювання дорожнього руху») [Електронний ресурс] / Укладачі: Є.І. Тхорук, М.Є. Кристопчук, О.О. Гладковська. – Електрон. дані – Рівне: НУВГП, ННМІ, 2014. – 59 ст.

Наведено загальні положення дисципліни «Методи наукових досліджень», зміст та метулекційного курсу, вимоги до виконання й оформлення практичних робіт.



Укладачі: Є.І. Тхорук, к.т.н., доцент

М.Є. Кристопчук, к.т.н., доцент

О.О. Гладковська, ст.викладач

Відповідальний за випуск: Р.Р. Ларіна, д.е.н., професор

Рецензенти:

© Є.І. Тхорук,
М.Є. Кристопчук
О.О. Гладковська
© НУВГП, 2014.



1. Загальні положення.....	4
2. Тематичний план.....	6
2.1. Лекційні заняття.....	6
2.2. Практичні заняття.....	6
3. Методичні вказівки до виконання практичних робіт. Вимоги до оформлення практичних робіт.....	7
3.1. Практична робота № 1 Формулювання теми наукового дослідження та обрання відповідних теоретичних й практичних методів дослідження.....	7
3.2. Практична робота № 2 Вибір стратегії пошуку розв’язання проблемних завдань.....	24
3.3. Практична робота № 3 Використання методу рангової кореляції для відокремлення потенційно можливих факторів, що впливають на параметри об’єкта дослідження	29
3.4. Практична робота № 4 Застосування теорії масового обслуговування у дослідженнях під час прийняття управлінських рішень.....	34
3.5. Практична робота № 5 Встановлення взаємозв’язків між параметрами об’єкта дослідження за допомогою кореляційного аналізу.....	43
Рекомендована література.....	57
Додаток А.....	58



В умовах інтенсивного зростання обсягів наукової і науково-технічної інформації, швидкозмінності й оновлення системи наукових знань виникає потреба в якісно новій теоретичній підготовці висококваліфікованих фахівців, здатних до самостійної творчої роботи, впровадження у виробництво науковомістких технологій і пристосування до умов ринкових відносин.

Знання методології, теорії, техніки, методів і організації науково-дослідної діяльності допоможе молодим магістрам легко включатися у професійну діяльність, застосовувати наукові знання у практичній діяльності, сприятиме розвитку раціонального творчого мислення.

Отже, широке залучення магістрантів до науково-дослідної роботи, збагачення їхніх знань новими науковими даними, розвиток здібностей до творчого мислення, наукового аналізу явищ, процесів є актуальним і важливим. У зв'язку з цим до навчальних планів з підготовки магістрантів зі спеціальностей 8.07010102 «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний транспорт)», 8.07010104 «Організація і регулювання дорожнього руху» включено дисципліну «Методи наукових досліджень».

Метою викладання дисципліни «Методи наукових досліджень» є створення необхідного обсягу знань магістрантів в області наукового дослідження транспортної системи.

Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- навчити студентів застосовувати теоретичні методи наукового дослідження;

- визначати математичні методи щодо статистичної обробки наукових даних;

- розробляти моделі, виконувати аналіз і оцінку їх якості.

У результаті вивчення дисципліни магістранти повинні:

а) знати:

- етапи та методику наукового дослідження;

- методи пошуку та збору наукової інформації стосовно об'єкта дослідження;

- методологію теоретичних досліджень;

- методику натурних досліджень;

- методи, які використовуються під час дослідження



б) вміти:

- користуватись науковою та періодичною фаховою літературою;

- виконувати аналіз інформації про об'єкт дослідження та робити висновки;

- працювати з нормативними актами, рекомендаціями, інструкціями та іншими нормативними документами;

- розробляти структуру магістерської роботи;

в) мати навички виконання дослідної виробничої функції шляхом:

- виконання пошуку інформації стосовно об'єкта дослідження;

- оцінки достовірності зібраної інформації про об'єкт дослідження та формулювання висновків, мети і завдання дослідження;

- встановлення внутрішніх і зовнішніх зв'язків об'єкта дослідження;

- формалізація моделі об'єкта дослідження;

- виконання оцінки якості моделі та вирішення задачі дослідження і формулювання конкретних та загальних висновків.

Дисципліна «Методи наукових досліджень» є логічним продовженням дисциплін:

«Вища математика», «Теорія ймовірності і математична статистика», «Вантажні перевезення», «Пасажирські перевезення», «Дослідження операцій в транспортних системах», «Основи теорії транспортних процесів і систем» та «Безпека руху» для спеціальностей 8.07010102 «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)» та 8.07010104 «Організація і регулювання дорожнього руху». Дисципліна «Методи наукових досліджень» відноситься до циклу дисциплін природничо-наукової підготовки.



2. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Лекційні заняття

Мета проведення лекцій – надати магістрантам теоретичний матеріал, забезпечити засвоєння певного об'єму знань у тісному зв'язку з практикою.

Задачі проведення лекцій – навчити магістранта організовувати науково-дослідницьку роботу та виконувати пошук інформації стосовно об'єкта дослідження, показати можливості застосування теоретичних методів дослідження, а зокрема, методів, які використовуються під час дослідження транспортної системи.

У результаті вивчення лекційного матеріалу студенти повинні знати:

- етапи та методики наукового дослідження;
- методи пошуку та збору наукової інформації стосовно об'єкта дослідження;
- методологію теоретичних досліджень;
- методи, які використовуються під час дослідження транспортної системи.

2.2. Практичні заняття

Мета проведення практичних занять – закріпити теоретичні знання одержані у лекційному курсі.

Задачі практичних занять:

- навчитись застосовувати теоретичні методи дослідження та визначати математичні методи щодо статистичної обробки наукових даних;
- навчитись розробляти методику для вирішення конкретної задачі дослідження;
- навчитись розробляти моделі і виконувати оцінку їх якості.

У результаті виконання практичних занять студенти повинні вміти:

- обрати стратегію пошуку вирішення проблемних завдань відповідно до об'єкта дослідження;
- використовувати наукові методи, які є придатними для теоретичних досліджень в конкретному випадку;
- розробити модель об'єкта дослідження;
- виконати оцінку якості моделі.



3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Під час виконання роботи варто керуватися наступними вимогами:

1. Практична робота повинна виконуватися тільки за відповідним варіантом завдання.

2. Практичні роботи виконувати в робочому зошиті, залишаючи поля для заміток викладача, усі записи повинні бути зроблені акуратно, скорочення слів, крім загальноприйнятих, не допускаються.

3. Кожна наступна робота повинна оформлятися з нової сторінки зошита.

4. Структура практичної роботи: тема роботи, мета роботи, теоретичні відомості, виконання роботи, висновки.

У разі недотримання студентом вказаних вимог до оформлення практичної роботи, вона не приймається до захисту й повертається студенту на доробку не залежно від кількості доробок та разів подання роботи на захист.

3.1. ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 (4 години)

Тема: Формулювання теми наукового дослідження та обрання відповідних теоретичних й практичних методів дослідження

Мета: навчитися формулювати тему, об'єкт і предмет наукового дослідження та обирати відповідні теоретичні й практичні методи дослідження.

Задачі:

1. Сформулювати тему та мету наукового дослідження.

2. Сформулювати об'єкт, предмет та задачі наукового дослідження.

3. Ознайомитися з теоретичними й практичними методами наукових досліджень.

4. Обрати й обґрунтувати методи наукового дослідження для вирішення наукових задач дослідження з відповідними алгоритмами їх застосування.



Теоретичні відомості

Науково-дослідницька діяльність – це інтелектуальна праця, спрямована на придбання нових, дотепер невідомих, знань. Наука – це сфера людської діяльності, спрямована на вироблення нових знань про природу, суспільство і мислення.

Провідне місце в системі багатоступеневої підготовки і перепідготовки наукових і науково - педагогічних кадрів посідають вищі навчальні заклади (ВНЗ) України. Кожен науковий фахівець повинен мати уявлення про науку та основні її поняття, методику й організацію науково-дослідницької діяльності. Як специфічна сфера людської діяльності вона є результатом суспільного розподілу праці, виокремлення розумової праці від фізичної, перетворення пізнавальної діяльності в особливу галузь занять певної групи людей. Необхідність наукового підходу до всіх видів людської діяльності змушує науку розвиватися швидшими темпами, ніж будь-яку іншу галузь діяльності.

Поняття "наука" включає в себе як діяльність, спрямовану на здобуття нового знання, так і результат цієї діяльності – суму здобутих наукових знань, що є основою наукового розуміння світу. Науку ще розуміють як одну з форм людської свідомості. Термін "наука" також застосовується для назви окремих галузей наукового знання.

Науково-дослідницька діяльність визначається, насамперед, напрямком та темою дослідження. На сьогодні прийнято розрізняти три різновиди тем: теми як результат розвитку проблем, над якими працює даний науковий колектив; ініціативні теми; замовлені теми.

Найбільш правильним та послідовним вважається обрання тем першої групи.

Ініціативні теми можуть виникати у випадку двох взаємовиключних ситуацій: як у результаті доброї наукової підготовки здобувача, так і недостатньої його кваліфікації і наукового кругозору. Науковий керівник мусить розібратися в ситуації, по можливості підтримати ініціативу здобувача, але ця підтримка має ґрунтуватися на реальній оцінці ситуації і не може ставити під загрозу успішне виконання роботи.

Замовлені теми, як правило, пов'язані з основними планами науково-дослідних робіт у галузі або об'єднанні. За актуальністю і економічною значущістю замовлені теми мають низку переваг



перед іншими, тому насамперед їх потрібно аналізувати з позицій реальності виконання і можливості розширення теоретичної бази.

Під час обрання теми основними критеріями повинні бути: актуальність, новизна і перспективність; наявність теоретичної бази; можливість виконання теми в даній установі; зв'язок її з конкретними господарськими планами і довгостроковими програмами; можливість отримання від впровадження результатів дослідження наукового, технічного, економічного і соціального ефекту.

Якщо молодий вчений не в змозі самостійно обрати тему дослідження, він може звернутися до будь-якої наукової установи держави. Суттєву допомогу тут надає ознайомлення з аналітичними оглядами і статтями у спеціальній періодиці, а також бесіди і консультації зі спеціалістами - практиками, в яких можна з'ясувати досі мало вивчені в теоретичному плані важливі питання з різних сфер людської діяльності.

Обравши тему, здобувач має усвідомити сутність запропонованої ідеї, її новизну й актуальність, теоретичну важливість і практичну значущість. Це значно полегшує оцінку і остаточне закріплення обраної теми.

Питання новизни є одним з найбільш суперечливих і складних як під час захисту дисертації, так і опублікуванні статті. Одні експерти (члени спеціалізованої вченої ради, члени редколегії) вважають отриманий результат новим, інші – давно відомим. Тут вони спираються на свій особистий досвід, який при зростаючій кількості робіт, розширенні тематики досліджень і одночасному зменшенні доступних джерел інформації стає все менш надійним. Тому кожен здобувач повинен вміти визначити новизну свого наукового результату. Найтиповіші помилки, яких припускаються у цьому, такі:

- новизна підміняється актуальністю теми, її практичною і теоретичною значущістю;
- у працях стверджується, що дане питання не розглядалося в конкретних умовах, його важливість для практики;
- висновки до розділів мають характер констатації і є самоочевидними твердження, з якими дійсно не можна сперечатися;
- немає зв'язку між отриманими раніше і новими результатами, тобто наступності. За місцем отриманих знань у ряді відомих



накопичення водного господарства та природокористування

наукових даних можна виділити три рівні новизни:

- перетворення відомих даних, докорінна їх зміна;
- розширення, доповнення відомих даних;
- уточнення, конкретизація відомих даних, поширення відомих результатів на новий клас об'єктів, систем.

Після формулювання наукової проблеми і доказу того, що та частина цієї проблеми, яка є темою науково - дослідницької роботи, ще не була розроблена та висвітлена в спеціальній літературі, формують мету роботи і завдання, які мають бути вирішені відповідно до цієї мети.

Мета дослідження – це поставлена кінцева мета, кінцевий результат, на досягнення якого спрямоване дослідження. Вона повинна узгоджуватися з назвою роботи і містити не тільки очікувані її результати, а й вказувати, на яких наукових передумовах вона базується, чим і як досягається (із залученням яких наукових гіпотез, ідей, явищ, законів та ін.). Небажано вживати такі формулювання мети наукового дослідження, як: "обґрунтування і розробка наукових основ, принципів створення нових технологій..." або "розробка методів і засобів підвищення ефективності за рахунок вдосконалення..." та ін., без конкретизації наукових передумов, на яких базується досягнення поставленого завдання.

Між метою і кінцевим результатом дослідження має бути тісний зв'язок. Поставленої мети обов'язково треба досягти, і неодмінно перевірити, чи чітко визначене досягнення мети у висновках.

Мета наукового дослідження реалізується через конкретні завдання, які треба вирішити відповідно до цієї мети. Формулюючи мету, не слід вживати слова "дослідження...", "вивчення...", оскільки вони вказують на засіб досягнення мети, а не на саму мету.

Завдання дослідження не повинні бути глобальними, такими, що претендують стати темами окремих науково-дослідницьких робіт. Вони повинні "працювати" на мету наукового дослідження. Не слід захоплюватись їх кількістю, це призводить до громіздкості роботи й неповного їх вирішення. Треба ставити як прикладні, так і теоретичні завдання (уведення до наукового обігу нових понять, розкриття їх сутності, експериментальна перевірка, підготовка методичних рекомендацій для їх використання і змісту, розробка критеріїв і показників оцінки ефективності, принципів, умов і



факторів на практиці і таке інше).

Завдання дослідження формулюються у формі переліку дій: "вивчити...", "проаналізувати...", "встановити...", "з'ясувати...", "обґрунтувати..." та ін. Формулювати завдання слід якомога ретельніше, оскільки опис їх вирішення становитиме зміст розділів і підрозділів дисертаційної роботи. Це важливо і тому, що назви таких розділів робіт мають відповідати конкретним завданням і результатам дослідження.

Назва теми дослідження у повній мірі і опосередковано визначає напрям наукової новизни і деякі співвідношення між її окремими елементами.

Обов'язковим є досягнення мети і виконання завдання дослідження.

Якщо мета і завдання дослідження сформульовані неточно, це свідчить про недостатнє осмислення здобувачем головного наукового результату, до якого він прагне. Крім того, фахівці (опоненти) не зможуть оцінити рівень досягнення здобувачем мети дисертації.

Досягнення мети дослідження підтверджується висновками роботи.

Вирішення конкретних завдань роботи також треба засвідчити висновками до відповідних розділів дослідження.

Об'єкт дослідження – це та частина матеріального світу, яка привернула увагу дослідника, наприклад, транспортний потік на ділянці дороги, транспортний потік на ділянці міської дороги, транспортний потік на ділянці автомагістралі, транспортний потік на ділянці повороту дороги..., рух транспорту на пересіченні в одному рівні..., дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) за видами та інше. Стосовно об'єкта дослідження здобувачу необхідно усвідомити: об'єкт дослідження – новий (Н), чи традиційний (Т). Наприклад, супутникова зйомка транспортного потоку – це новий об'єкт дослідження, а маневр обгону з виїздом на зустрічну смугу у щільному транспортному потоці – традиційний об'єкт дослідження.

Предмет дослідження – це розглянутий в роботі бік об'єкта дослідження та його якість і галузь використання. Наприклад, для об'єкта «транспортний потік» на ділянці дороги можуть бути наступні предмети:

– розподіл швидкостей транспортних засобів;



- коливання інтенсивності й транспортного потоку;
- зміни щільності транспортного потоку;
- виникнення ДТП з окремим транспортним засобом;
- виникнення ДТП з декількома транспортними засобами.

Щодо предмета дослідження, то тут також треба вирішити те саме питання: предмет дослідження є новим (Н) чи традиційним (Т). Можливі такі комбінації новизни предмета (П) і об'єкта (О) дослідження: а) НП-НО; б) НП-ТО; в) ТП-НО; г) ТП-ТО. Приклади цих ситуацій:

–НП-НП – супутникова зйомка транспортного потоку оптимальна «дозвільна здатність» зйомки для спостереження виникнення ДТП з декількома транспортними засобами;

–НП-ТП – транспортний потік на смузі кола кільцевого пересічення доріг в одному рівні–розподіл змін швидкості руху транспортного засобу;

–ТО-НП – транспортний потік на ділянці дороги–розподіл змін прискорень руху транспортних засобів;

–ТО-ТП – транспортний потік на ділянці повороту дороги - виникнення ДТП, пов'язаних з втратою стійкості по бічному ковзанню транспортного засобу.

Для науково-дослідницької роботи випадок ТП-ТО є практично неприпустимим: або предмет, або об'єкт дослідження обов'язково має бути новим.

За кожним науковим результатом можна простежити повний цикл дослідження, тобто сукупність етапів, що починаються в точці «повного незнання» і закінчуються впровадженням «добутого» знання.

Під час планування етапів досліджень доцільно одночасно продумати підготовку до друку необхідних публікацій. Можна виділити такі етапи процесу отримання наукового результату із зазначенням характеру можливої публікації:

1. Огляд стану проблеми, виділення задач дослідження. Після виконання цього етапу можна підготувати і опублікувати оглядову статтю. Якщо обсяг огляду є великим, доцільно її депонувати в УкрНТЕІ або іншому державному органі науково-технічної інформації з обов'язковим анутованням матеріалу в науковому фаховому журналі.

2. Постановка задачі дослідження, вибір методу її вирішення.



Після виконання цього етапу можна подати до фахового журналу статтю, де розкрити актуальність задачі, її фізичну й математичну постановку, визначити математичний клас задачі і обґрунтувати запропонований метод вирішення.

3. Розробка та інтерпретація методу і алгоритму вирішення задачі, приклад вирішення задачі. Успішно подолавши цей етап, здобувач може опублікувати статтю з описанням нового методу й алгоритму вирішення задачі або викладом відомого методу в межах вирішеної задачі, а також аналізом практичного прикладу її вирішення.

4. Розробка програмного забезпечення. Якщо розроблене програмне забезпечення має необхідні якості, притаманні програмному продукту, доцільно оприлюднити опис відповідного пакету прикладних програм або автоматизованої системи у фаховому виданні, підготувати комплект програмної документації, провести маркетингові дослідження (у межах своїх можливостей) для тиражування розробки.

5. Експеримент. Після його успішного проведення публікують статтю з висвітленням опису і обговоренням результатів експерименту.

6. Впровадження. За його результатами готується оглядова стаття з усього циклу досліджень.

Крім того, результати кожного з етапів дослідження повинні бути проголошені на конференціях і семінарах з публікацією тез доповідей або більш повних матеріалів, що є свідченням апробації результатів та пріоритету розробки.

Для дослідників-початківців дуже важливо мати уявлення про методологію та методи наукової творчості, оскільки саме на перших кроках до оволодіння навичками наукової роботи найбільше виникає питань саме методологічного характеру. Передусім бракує досвіду у використанні методів наукового пізнання, застосуванні логічних законів і правил, нових засобів і технологій.

Складність, багатогранність і міждисциплінарний статус будь-якої наукової проблеми приводять до необхідності її вивчення у системі координат, що задається різними рівнями методології науки.

Методологія (гр. *methodos* – спосіб, метод і *logos* – наука, знання) – вчення про правила мислення при створенні теорії науки.



Питання методології досить складне, оскільки саме це поняття тлумачиться по-різному. Багато зарубіжних наукових шкіл не розмежовують методологію і методи дослідження. У вітчизняній науковій практиці методологію розглядають як вчення про науковий метод пізнання або як систему наукових принципів, на основі яких базується дослідження і здійснюється вибір сукупності пізнавальних засобів, методів, прийомів дослідження. Найчастіше методологію тлумачать як теорію методів дослідження, створення концепцій, як систему знань про теорію науки або систему методів дослідження.

Методики розуміють як сукупність прийомів дослідження, включаючи техніку і різноманітні операції з фактичним матеріалом.

Методологія виконує такі функції:

- визначає способи здобуття наукових знань, які відображають динамічні процеси та явища;

- направляє, передбачає особливий шлях, на якому досягається певна науково-дослідницька мета;

- забезпечує всебічність отримання інформації щодо процесу чи явища, що вивчається;

- допомагає введенню нової інформації до фонду теорії науки;

- забезпечує уточнення, збагачення, систематизацію термінів і понять у науці;

- створює систему наукової інформації, яка базується на об'єктивних фактах, і логіко-аналітичний інструмент наукового пізнання.

Ці ознаки поняття "методологія", що визначають її функції в науці, дають змогу зробити такий висновок: методологія – це концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси та явища.

Методологічна основа дослідження, як правило, не є самостійним розділом наукової праці, однак, від її чіткого визначення значною мірою залежить досягнення мети і завдань наукового дослідження. Крім того, в розділах основної частини подають виклад загальної методики і основних методів дослідження, а це потребує визначення методологічних основ науково-дослідницької роботи.

Під методологічною основою дослідження слід розуміти



основне, вихідне положення, на якому базується наукове дослідження.

Методологічні основи даної науки завжди існують поза цією наукою, за її межами і не виводяться із самого дослідження.

Методологія – вчення про систему наукових принципів, форм і способів дослідницької діяльності – має структуру з чотирьох рівнів. Нині розрізняють фундаментальні, загальнонаукові принципи, що становлять власне методологію, конкретнонаукові принципи, що лежать в основі теорії тієї чи іншої дисципліни або наукової галузі, і систему конкретних методів і технік, що застосовуються для вирішення спеціальних дослідницьких завдань.

Метод – це сукупність прийомів чи операцій практичного або теоретичного освоєння дійсності, підпорядкованих вирішенню конкретної задачі. Фактично різниця між методом та теорією має функціональний характер: формуючись як теоретичний результат попереднього дослідження, метод виступає як вихідний пункт та умова майбутніх досліджень.

У кожному науковому дослідженні можна виділити два рівні:

- 1) емпіричний, на якому відбувається процес накопичення фактів;
- 2) теоретичний – досягнення синтезу знань (у формі наукової теорії).

Згідно з цими рівнями, спеціальні методи пізнання у транспортних системах можна поділити на три групи, грані між якими визначені приблизно:

– методи емпіричного дослідження:

а) аварійності: статистика ДТП, статистика поранених, статистика загиблих, кіно-, фото та відео зйомка ДТП та інші;

б) транспортного потоку: вимір швидкостей окремих автомобілів, підрахунок кількості автомобілів за одиницю часу, вимір шуму від транспортних засобів, підрахунок типів автомобілів у потоці, метод аерофотозйомки та інші;

в) дорожніх умов: вимір геометричних параметрів дорожнього покриття, вимір коефіцієнтів зчеплення дорожнього покриття, вимір шорсткості дорожнього покриття тощо;

– методи, що використовуються на емпіричному та теоретичному рівнях;

а) аварійність: експертиза ДТП та її види, топографічний аналіз



ДТП тощо;

б) транспортний потік: метод розрахунку інтенсивності, щільності та швидкості потоку, метод коефіцієнтів безпеки руху, частково метод коефіцієнтів аварійності, метод лінійної залежності між швидкістю потоку та інтенсивністю тощо;

в) дорожні умови: метод коефіцієнтів аварійності, метод коефіцієнтів безпеки руху, метод коефіцієнтів безпеки зі зміною коефіцієнта зчеплення тощо;

– методи теоретичного дослідження;

а) аварійність: метод моделювання аварійних ситуацій, метод аналізу системи «транспортний потік – дорожні умови» на предмет виникнення ДТП, метод конфліктних точок на пересіченні в одному рівні тощо;

б) транспортний потік: метод гідродинамічної аналогії, метод газової аналогії, метод шуму швидкості та прискорення, методи теорії систем масового обслуговування тощо;

в) дорожні умови: метод аналогії з трубопроводом, метод розрахункової пропускної здатності, метод конфліктних точок на пересіченні в одному рівні тощо.

Успіх наукового дослідження значною мірою залежить від умінь науковця вибрати найрезультативніші методи дослідження, оскільки саме вони дають можливість досягти поставленої в роботі мети.

Загальні методи наукового пізнання, на відміну від спеціальних, використовуються в дослідницькому процесі в різноманітних науках.

Загальні методи наукового пізнання умовно поділяють на три великі групи:

– методи емпіричного дослідження (спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент);

– методи, що використовуються як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях дослідження (абстрагування, аналіз і синтез, індукція і дедукція, моделювання та ін.);

– методи або методологія, що використовуються на теоретичному рівні дослідження (сходження від абстрактного до конкретного, системний, структурний підхід).

Спостереження – систематичне цілеспрямоване вивчення об'єкта. Це найелементарніший метод, який є, як правило,



Щоб стати основою наступних теоретичних і практичних дій, спостереження мусять відповідати таким вимогам:

- продуманості заздалегідь (спостереження проводиться для певного, чітко поставленого завдання);
- планованості (виконується за планом, складеним відповідно до завдання спостереження);
- цілеспрямованості (спостерігаються лише певні сторони явища, котрі викликають інтерес під час дослідження);
- активності (спостерігач активно шукає потрібні об'єкти, риси явища);
- систематичності (спостереження ведеться безперервно або за певною системою).

Спостереження, як метод пізнання, дає змогу отримати первинну інформацію про об'єкт дослідження у вигляді сукупності емпіричних тверджень.

Порівняння – один із найпоширеніших методів пізнання. Це процес встановлення подібності або відмінності предметів та явищ дійсності, а також знаходження загального, притаманного двом або кільком об'єктам.

Метод порівняння дасть результат, якщо відповідатиме таким основним вимогам:

- можна порівнювати лише ті явища, між якими є певна об'єктивна спільність;
- порівняння необхідно здійснювати за найсуттєвішими, найважливішими (в межах конкретного пізнавального завдання) рисами.

Інформацію про об'єкт можна отримати двома шляхами:

- безпосередній результат порівняння (первинна інформація);
- результат обробки первинних даних (вторинна або похідна інформація).

Найпоширенішим і найважливішим способом такої обробки є умовний вид за аналогією. Об'єкти чи явища можуть порівнюватися безпосередньо або опосередковано через їх порівняння з будь-яким іншим об'єктом (еталоном).

У першому випадку отримують якісні результати (більше-менше, вище-нижче). Порівняння ж об'єктів з еталоном надає можливість отримати кількісні характеристики. Такі порівняння



Вимірювання – це процедура визначення числового значення певної величини за допомогою одиниці виміру. Цінність цієї процедури полягає в тому, що вона дає точні, кількісно визначені відомості про об'єкт.

Під час вимірювання необхідні такі основні елементи: об'єкт вимірювання, еталони, вимірювальні прилади, методи вимірювання.

Експеримент – це такий метод вивчення об'єкта, який пов'язаний з активним і цілеспрямованим втручанням дослідника в природні умови існування предметів і явищ або створенням штучних умов, необхідних для виявлення його відповідної властивості.

Експериментальне вивчення об'єктів порівняно зі спостереженням має такі переваги:

- у процесі експерименту можна вивчати явища у "чистому вигляді", звільнившись від побічних факторів, що затінують основний процес;

- в експериментальних умовах можна дослідити властивості об'єктів;

- експеримент можна повторювати, тобто є можливість проводити дослід стільки разів, скільки це необхідно.

Дослідження об'єкта проводиться поетапно: на кожному етапі застосовуються найдоцільніші методи відповідно до конкретного завдання. На етапі збору фактичного матеріалу і його первинної систематизації використовують методи опитування (анкетування, інтерв'ювання) і експертних оцінок, а також лабораторні експерименти (спостереження за документальними джерелами інформації, тестування) і польові експерименти, такі як відсторонене і приховане спостереження, а також "включене" спостереження – співучасть у дослідженні.

Опитування дає змогу отримати як фактичну інформацію, так і оцінні дані, проводиться в усній або письмовій формі.

Під час створення анкети або плану інтерв'ю важливо сформулювати запитання так, щоб вони відповідали поставленій меті. Анкета може включати декілька блоків питань, пов'язаних не лише з рівнем періодичності використання тих чи інших засобів, а й оцінкою об'єкта дослідження.

Різновидом вибіркового опитування є тестування, яке



проводиться з метою виявлення суттєвих ознак об'єкта, засобів його функціонування, використовується в лабораторних експериментах, коли масове опитування через анкетування неможливе. Тестування інколи проводять двічі – на початковому етапі дослідження, де воно виконує діагностичну функцію, і при завершенні дослідження, де воно виконує верифікаційну функцію.

Тести складають так, щоб однозначно виявити ті чи інші властивості опитуваних.

Аналіз – це метод пізнання, який дає змогу поділити предмет на частини. Синтез, навпаки, є наслідком з'єднання окремих частин чи рис предмета в єдине ціле.

Аналіз та синтез взаємопов'язані, вони являють собою єдність протилежностей. Залежно від рівня пізнання об'єкта та глибини проникнення в його сутність застосовуються аналіз і синтез різного роду.

Прямий, або емпіричний, аналіз і синтез використовуються на стадії первинного ознайомлення з об'єктом. При цьому здійснюється виділення окремих частин об'єкта, виявлення їх властивостей, проводяться найпростіші вимірювання, фіксація безпосередніх даних, що лежать на поверхні. Цей вид аналізу і синтезу дає можливість пізнати явище, однак, для проникнення в його сутність він недостатній.

Зворотній, або елементарно теоретичний, аналіз і синтез широко використовуються для вивчення сутності явища, що досліджується. Тут операції аналізу і синтезу базуються на деяких теоретичних міркуваннях, тобто припущеннях і причинно-наслідкових зв'язках різноманітних явищ.

Найглибше проникнути в сутність об'єкта дає змогу структурно-генетичний аналіз і синтез. При цьому поглиблено вивчають причинно-наслідкові зв'язки. Цей тип аналізу і синтезу потребує виділення в складному явищі таких елементів, таких ланцюгів, які є центральними, головними, що суттєво впливають на всі інші сторони об'єкта.

Індукція та дедукція. Дедуктивною називають таку розумову конструкцію, в якій висновок щодо певного елементу множини робиться на підставі знання загальних властивостей всієї множини. Змістом дедукції як методу пізнання є використання загальних наукових положень під час дослідження конкретних явищ.



Під індукцією розуміють перехід від часткового до загального; коли на підставі знання про частину предметів класу робиться висновок стосовно класу в цілому. Дедукція та індукція – методи пізнання, що є протилежними.

Є кілька варіантів установлення наслідкового зв'язку між методами наукової індукції:

- метод єдиної подібності. Якщо два чи більше випадків явища, що досліджується мають лише одну загальну обставину, а всі інші різні, то саме ця подібна обставина є причиною явища, яке розглядається;

- метод єдиної розбіжності. Якщо випадок, в якому явище, що досліджується, настає, і випадок, в якому воно не настає, в усьому подібні і відрізняються тільки однією обставиною, то саме ця обставина, наявна в одному випадку і якої немає в іншому, є причиною явища, котре досліджується;

- об'єднаний метод подібності і розбіжності – комбінація двох перших методів;

- метод супутніх змін: коли виникнення або зміна одного явища викликає певну зміну іншого явища, то обидва вони перебувають у причинному зв'язку між собою;

- метод решт: якщо складне явище викликане складною причиною, котра являє собою сукупність певних обставин, і відомо, що деякі з них є причиною частини явища, то решта цього явища викликається обставинами, що залишилися.

Методи теоретичних досліджень. Серед методів теоретичних досліджень слід, передусім, назвати метод ідеалізації, формалізації, аксіоматичний метод. Крім того, до методів теоретичних досліджень слід віднести метод сходження від абстрактного до конкретного.

Сходження від абстрактного до конкретного – це загальна форма руху наукового пізнання, закон відображення дійсності і мислення.

Згідно з цим методом мислення бере свій початок від конкретного в дійсності до абстрактного в мисленні і від нього – до конкретного в мисленні.

Метод ідеалізації – конструювання подумки об'єктів, яких немає в дійсності або які практично нездійсненні. Мета ідеалізації: позбавити реальні об'єкти деяких притаманних їм властивостей і наділити (подумки) ці об'єкти певними нереальними і



гіпотетичними властивостями. При цьому мета досягається завдяки:

- багатоступінчастому абстрагуванню;
- переходу думки до кінцевого випадку розвитку якоїсь властивості;
- простому абстрагуванню.

Формалізація – метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення їхньої структури в знаковій формі за допомогою штучних мов, наприклад мовою математики.

Переваги формалізації:

- вона забезпечує узагальненість підходу до вирішення проблем;
- символіка надає стислості та чіткості фіксації значень;
- однозначність символіки (уникаємо багатозначності звичайної мови);
- дає змогу формувати знакові моделі об'єктів і замінювати вивчення реальних речей і процесів вивченням цих моделей.

Аксіоматичний метод – метод побудови наукової теорії, за якою деякі твердження приймаються без доведень, а всі інші знання виводяться з них відповідно до певних логічних правил.

Практичні завдання:

1. У відповідності з номером за списком групи оберіть напрямок наукового дослідження.
2. На основі обраного напрямку наукового дослідження сформулюйте конкретну тему дослідження.
3. У межах обраної теми наукового дослідження сформулюйте його мету.
4. Відповідно до мети наукового дослідження сформулюйте його об'єкта предмет.
5. Сформулюйте задачі наукового дослідження.
6. До кожної сформульованої задачі наукового дослідження, користуючись теоретичними відомостями даної роботи, обрати та обґрунтувати методи їх вирішення.
7. Додатково розробити алгоритми застосування обраних методів з орієнтовним результатом їхнього використання.
8. За кожною задачею наукового дослідження та обраним методом для її вирішення розкрити у формі опису можливі результати вирішення вказаних задач обраними методами.

Перелік напрямків наукових досліджень за науковою спеціальністю «Транспортні системи» у галузі теорії транспортних



потоків, організації дорожнього руху, безпеки дорожнього руху:

1. Вибір автотранспортного засобу на маршрутах міського пасажирського транспорту.
2. Ефективність експресних маршрутних перевезень пасажирів у великих містах.
3. Ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення.
4. Зниження часу очікування пасажирями міських маршрутних транспортних засобів.
5. Методичні основи організації систем доставки вантажів з використанням засобів укрупнення.
6. Методичні основи управління транспортуванням і складуванням вантажів у логістичних системах.
7. Моделі та методи оптимізації вантажних перевезень в транспортних системах.
8. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів.
9. Підвищення ефективності транспортного обслуговування вантажовласників під час доставки тарно-штучних вантажів у міжнародному автомобільному сполученні.
10. Розподіл транспортних кореспонденцій по альтернативних шляхах прямування.
11. Розробка моделі функціонування логістичних ланцюгів транспортного вузла для вибору інтенсивних технологій вантажоруху.
12. Системне формування технологій автомобільних перевезень за критеріями енерго- і ресурсовіддачі.
13. Покращення паливної економічності і зменшення токсичності автомобілів з двигунами, переведеними з бензину на газ.
14. Створення нових методів проектування автоматизованих систем управління рухом (та їх елементів) на автомобільних дорогах та вулично-дорожній мережі міст.
15. Розробка методів та засобів забезпечення безпеки руху під час організації пасажирських та вантажних автомобільних перевезень в різноманітних дорожніх та кліматичних умовах.
16. Розробка нових методів статистичного аналізу аварійності.
17. Нові методи та обладнання (пристрої) для дослідження



дорожнього руху.

18. Визначення параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів автомобільним транспортом з урахуванням стану організму водія.

19. Удосконалення методів роботи та технічного оснащення Державтоінспекції.

20. Удосконалення та розробка пристроїв та обладнання для експертизи ДТП різноманітних видів.

21. Аналіз впливу параметрів конструктивної безпеки на показники аварійності.

22. Аналіз варіантів схем конструкції вузлів та агрегатів автомобілів, що забезпечують безпеку руху.

23. Проектування спеціальних автомобілів з безпеки руху.

24. Проектування схем організації дорожнього руху з урахуванням перевезення спеціалізованих вантажів.

25. Розробка нових пристроїв для визначення параметрів транспортних потоків.

26. Розробка телемеханічних систем збирання та передачі інформації про параметри транспортних потоків та метеорологічні умови руху.

27. Розробка пристроїв для збирання метеорологічної інформації та оповіщення водіїв.

28. Розробка систем пріоритетного пропуску автомобілів спеціальних служб.

29. Розробка засобів та систем індивідуальної маршрутизації руху транспортних засобів.

30. Розробка нових засобів координованого управління дорожнім рухом.

31. Розробка програмної системи управління рухом транспортних засобів.

32. Розробка радіолокаційної системи маневрування транспортних засобів.

33. Розробка автономної системи автоматичного управління транспортним засобом на дорозі.

34. Розробка систем стабілізації швидкості транспортного засобу.

35. Розробка системи автоматичного дотримання дистанції в транспортному потоці.



36. Розробка автоматичної системи екстреного гальмування.

37. Розробка нових засобів аналізу ДТП.

38. Розробка технічних засобів для навчання водіїв та контролю їх знань.

39. Розробка методів контролю екологічних характеристик транспортних засобів та схем організації дорожнього руху.

40. Розробка методів контролю параметрів транспортного потоку.

41. Розробка технічних засобів поточного контролю параметрів транспортного потоку.

42. Розробка методів контролю параметрів доріг.

43. Розробка технічних засобів поточного контролю мінливих параметрів доріг.

44. Розробка нових методик та обладнання для контролю параметрів транспортного потоку за допомогою кіно -, фото-та відео зйомки.

45. Багатофакторна оцінка та нормування паливної економічності вантажних автомобілів.

У разі виявлення студентом бажання розглядати ініціативний напрямок запропоноване формулювання узгоджується з викладачем практичних занять.

3.2. ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 (4 години)

Тема: Вибір стратегії пошуку розв'язання проблемних завдань

Мета: навчитися обирати стратегію пошуку вирішення проблемних завдань та використовувати її під час розробки стратегії відповідно до теми магістерської роботи.

Задачі:

1. Ознайомитися з класифікацією стратегій пошуку з метою вибору стратегії для вирішення поставленого проблемного завдання.

2. Вибрати стратегію пошуку вирішення проблемних завдань відповідно до теми магістерської роботи.

3. На основі обраної стратегії пошуку скласти послідовність дій з метою вирішення поставленого проблемного завдання відповідно до теми магістерської роботи.

Теоретичні відомості

Термін «стратегія пошуку» застосовується у значенні певної



Пошук проходить у часі, його характерною рисою є розподіл на окремі послідовні операції. Керуючись метою, визначають найближчий відрізок шляху, вирішують, що треба зробити на цьому відрізку. Відповідь на запитання, що треба зробити, є основою поняття «завдання». Після його проведення виконують оцінку результатів.

Якщо оцінка негативна, то виконання завдання повторюють. Якщо ж оцінка позитивна, тоді виконують наступне завдання, що наближає дослідника до кінцевої мети.

Складання програми дослідницької діяльності оберігає вченого від забігання далеко вперед, накопичення безлічі операцій, якіможуть виявитися помилковими. У програмі дій вченого закладається головна стратегія наукового пошуку, яка може бути сформульована у вигляді правил:

- 1) вирішувати, що робити в першу чергу;
- 2) зробити те, що намічено в першу чергу;
- 3) оцінити результат зробленого;
- 4) вирішити, що потрібно зробити в другу чергу;
- 5) зробити те, що намічено в другу чергу;
- 6) оцінити результат зробленого.

Стратегія пошуку може бути жорстко прийнята із самого початку до кінця дослідження, або може змінюватися залежно від результатів виконання попередніх дій.

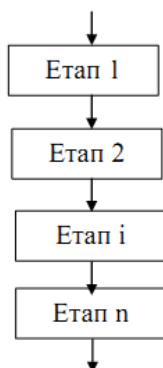
Згідно Дж.К. Джонсу стратегії пошуку класифікують за двома ознаками: ступенем заданості та схемою пошуку. Заздалегідь задані готові стратегії жорстко фіксуються подібно програмам ЕОМ. Задана стратегія, зазвичай, складається з ланцюжка послідовних дій, кожна з яких залежить від результату попередньої, але не залежить від результатів наступних дій (рис. 3.2.1 (а) лінійна стратегія). Якщо після отримання результатів на одному з етапів дослідження доводиться повертатися до одного з попередніх етапів, тоді таку стратегію називають циклічною (рис. 3.2.1, б).

Коли дії дослідника не залежать одна від одної, може мати місце розгалужена стратегія (рис. 3.2.2, а). Якщо із самого початку визначають лише першу дію, а вибір наступної залежить від результатів попередньої, тоді таку стратегію називають адаптивною



(рис. 3.2.2, б).

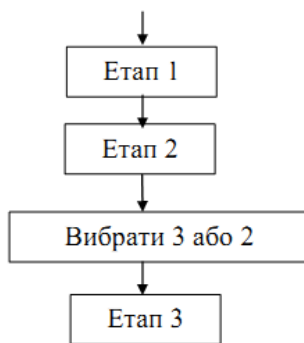
Технічне завдання



Вихід

а) лінійна стратегія

Технічне завдання



Результат

б) циклічна стратегія

Рис. 3.2.1 Стратегії, побудовані за лінійним принципом

Варіантом стратегії адаптивного пошуку є стратегія збільшень. Пошук методом збільшень передбачає послідовну зміну за однією змінною на кожному кроці пошуку (рис. 3.2.3).

Іноді використовують стратегію випадкового пошуку. Згідно з цією стратегією під час вибору кожного етапу свідомо не враховують результати інших етапів, що додає пошуку гранично неупереджений характер (рис.3.2.4).

Вибір стратегії пошуку здійснюють на основі зовнішніх критеріїв і проміжних результатів. Стратегія зберігається доти, доки вона залишається перспективною за зовнішніми критеріями.

Зазвичай пошук розпочинають за початково прийнятою стратегією. Діючи за цією стратегією записують думки, що спонтанно приходять у голову досліднику. Записану думку ретельно аналізують і лише потім відновлюють пошук за прийнятою стратегією.

Коли накопичується достатня кількість результатів, перевіряють напрями, якими йдуть планова стратегія та спонтанні думки. Якщо ці два напрями суперечать один одному, тоді здійснюють оцінку перспективності прийнятої стратегії за зовнішніми критеріями та

вирішують запитання, ігнорувати спонтанні думки чи перейти до нової стратегії.

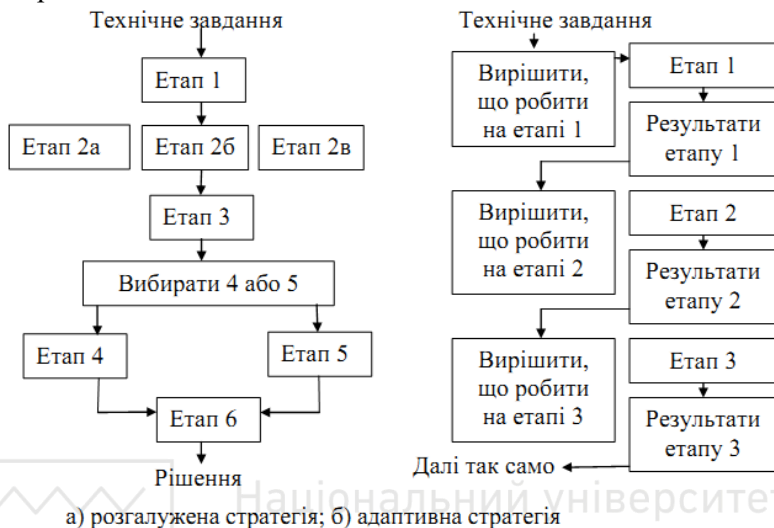


Рис. 3.2.2 Стратегії з неоднозначною послідовністю дій

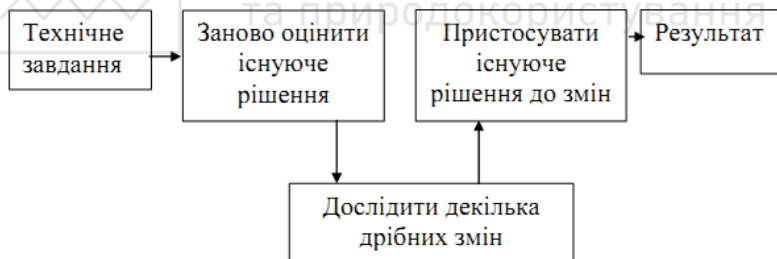


Рис. 3.2.3 Стратегія збільшень



Рис. 3.2.4 Стратегія випадкового пошуку

Перевірку погодженості спонтанних думок і прийнятої стратегії здійснюють доти, доки не буде знайдено стратегії, що породжує



спонтанні думки, які її зміцнюють.

До жорстко фіксованих стратегій належать: упорядкований пошук, вартісний аналіз, кумулятивна стратегія Пейджа та інші.

Упорядкований пошук містить таку послідовність дій:

- виявити компоненти завдання;
- виявити залежності між змінними;
- прогнозувати ймовірні значення факторів навколишнього середовища;
- виявити обмеження чи граничні умови, тобто граничні значення всіх змінних;
- завдати числові значення кожному з факторів вирішення й обчислити значення залежних змінних;
- вибрати такі фактори вирішення, за допомогою яких досягається найбільша сума числових значень для всіх цілей з урахуванням їх ваги.

Стратегія вартісного аналізу містить такі етапи:

- установити стандарти технічних характеристик системи чи методу, що розробляється;
- скласти докладну калькуляцію собівартості всіх витрат;
- здійснити пошук більш дешевих альтернатив;
- відібрати більш дешеві альтернативи;
- оформити обрану альтернативу вирішення.

Кумулятивна стратегія Пейджа складається з етапів:

- визначити всі цілі, що забезпечать задоволення потреб усіх, кого торкнуться результати дослідження;
- визначити фактори, що можуть перешкодити досягненню хоча б однієї з існуючих цілей;
- установити критерії, що дозволяють однозначно судити про прийнятність вирішень;
- розробити методики оцінок за кожним із критеріїв;
- зібрати безліч альтернативних вирішень і підготувати моделі для екстремальних вирішень;
- провести випробування моделей;
- вирішити внутрішні протиріччя проблемного завдання;
- зупинитися на одному вирішенні, що задовольняє всім існуючим критеріям.

Прикладами гнучких стратегій є: стратегія «відкритого сейфа»,



Основними кроками стратегії «відкритого сейфа» є: аналіз у контексті проблемного завдання новітніх наукових відкриттів; аналіз причин виникнення проблемної ситуації з метою їхнього усунення організаційними засобами; застосування для вирішення проблеми усвідомлено-логічних розумових операцій; уточнення (трансформація) проблемного завдання та вибір іншої стратегії.

Стратегія збільшень зводиться до визначення меж, в яких лежать прийнятні вирішення. Кроками цієї стратегії є: складання повного опису основних технічних вимог до об'єкта дослідження; попереднє визначення інтервалу значень, в якому знаходиться величина, яку відшукують (наприклад оптимум); створення моделі об'єкта, що дозволяє змінювати її параметри в інтервалі невизначеності; випробування моделі та знаходження меж інтервалу значень, в якому знаходиться величина, яку відшукують, і вибір іншої стратегії.

Розглянуті приклади стратегій пошуку звичайно використовують у ролі планів наукових досліджень, а також наміченої послідовності методів ведення дослідження й оцінки його результатів.

Практичні завдання:

1. Згідно з теоретичними відомостями вибрати стратегію пошуку вирішення проблемних завдань відповідно до теми магістерської роботи.
2. На основі обраної стратегії пошуку скласти послідовність дій з метою вирішення поставленого проблемного завдання відповідно до теми магістерської роботи.

3.3. ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 (3 години)

Тема: Використання методу рангової кореляції для відокремлення потенційно можливих факторів, що впливають на параметри об'єкта дослідження

Мета: практичне застосування методу рангової кореляції під час дослідження перевезень, шляхом використання апріорної інформації.

Задачі:

1. Ознайомитися з методикою експертної оцінки методом рангової кореляції.
2. Виконати експертну оцінку методом рангової кореляції



Теоретичні відомості

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. 3.3.1.

Кожен студент під час заповнення анкети вказує потенційно можливі фактори та 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. 3.3.1) складаються матриці рангів (табл. 3.3.2.), що являють собою зведену анкету для ранжирування факторів.

Результати ранжування факторів обробляються в наступній послідовності:

1. По кожному з факторів визначається сума рангів

$$a_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}, \quad (3.3.1)$$

Таблиця 3.3.1

Зразок анкети

Анкета		
Спеціальність: ОПУАТ		
Курс: 5		
Група: 1м		
Прізвище		
Критерій вибору пасажиром виду транспортних засобів		
Критерії	Позначення	Ранг
Наповнення салону автобуса	НС	6
Марка автобуса	МА	7
Регулярність руху автобусів	РР	4
Швидкість сполучення	ШС	1
Безпечність пересування	БП	3
Ймовірність відмови пасажиру в посадці	ЙВ	5
Час очікування транспортного засобу	ЧО	2



Зразок заповнення матриці рангів

Експерти	Фактори							Сума
	НС	МА	РР	ШС	БП	ЙВ	ЧО	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6	7	4	1	3	5	2	
2	3	2	1	5	4	7	6	
3	6	1	2	4	5	7	3	
4	4	6	2	3	1	5	7	
5	3	7	2	1	4	5	6	
6	3	6	4	2	1	5	7	
7	5	6	4	1	2	3	7	
8	1	7	2	3	6	4	5	
9	5	7	6	1	2	3	4	
10	1	7	2	3	4	5	6	
Сума рангів: $a_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$	37	56	29	24	32	49	53	280
Відхилення від середньої суми рангів: $\Delta_i =$ $\sum_{j=1}^n a_{ij} - \bar{a}$	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	X ₂			

де a_{ij} - ранг, проставлений j - м експертом для i - го фактору; n - кількість експертів (студентів).

2. Обчислюється середня сума рангів

$$\bar{a} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k a_i, \quad (3.3.2)$$



де a_i – сума рангів по i -му фактору; k – загальна кількість оцінюваних факторів.

Для наведеного приклада:

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

3. Визначається відхилення суми рангів a_i від середньої $\bar{a}$ з урахуванням знаків, і їхні значення заносяться в таблицю 3.3.2.

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} - \bar{a}, \quad (3.3.3)$$

Наприклад, для першого фактора:

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

4. Обчислюються квадрати відхилень Δ_i^2 , що заносяться в таблицю 3.3.2.

5. Визначається сума квадратів відхилень:

$$S = \sum_{j=1}^k (\Delta_i)^2, \quad (3.3.4)$$
$$S = 956.$$

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

$$W = \frac{12 \cdot S}{n^2 \cdot (k^3 - k)}, \quad (3.3.5)$$

де S – сума квадратів відхилень від середнього значення за всіма факторами;

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

Коефіцієнт конкордації W може змінюватися у межах $0 < W < 1$. При повній узгодженості відповідей експертів $W=1$, а при відсутності узгодженості $W=0$.

Для наведеного прикладу:

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

7. Для оцінки значущості коефіцієнта конкордації



$$\chi_p^2 = n \cdot (k-1) \cdot W,$$

Для наведеного прикладу:

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

Число ступенів свободи (F):

$$F = k - 1 = 7 - 1 = 6,$$

З таблиці значень χ_p^2 (додаток А) для 5% рівня значущості при числі ступенів свободи $F = 6$ знаходимо $\chi_{0,05}^2 = 12,6$.

8. У зв'язку з тим, що $\chi_p^2 > \chi_{0,05}^2$, можна з 95% довірчою імовірністю стверджувати, що думка студентів щодо ступеня впливу факторів на вибір форми організації постачань погоджується ($20,6 > 12,6$).

Останнє дозволяє побудувати діаграму рангів для розглянутих факторів і установити, що найбільш значущими (домінуючими) є фактори: швидкість сполучення; регулярність руху автобусів; безпечність пересування. Істотні фактори: ступінь наповнення салону автобуса; ймовірність відмови пасажиру в посадці до автобуса. Неістотні фактори: час очікування транспортного засобу та модель автобуса (рис. 3.3.1)

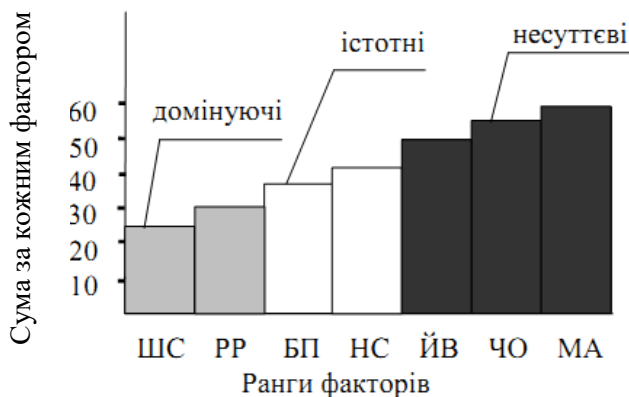


Рис. 3.3.1 Діаграма ранжування факторів



Практичне завдання:

1. Методом рангової кореляції визначити 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 й 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).

2. Методом рангової кореляції визначити фактори, які впливають на умови дорожнього руху:

1. Інтенсивність руху транспортного потоку.
2. Склад транспортного потоку.
3. Ширина проїзної частини.
4. Метеорологічні умови.
5. Відстань між пересіченнями.
6. Метод регулювання руху.
7. Кількість смуг руху.
8. Ізольованість руху.
9. Інтенсивність руху пішохідного потоку.
10. Ширина тротуарів.
11. Величина зустрічного потоку.
12. Габарити транспортних засобів.

3.4. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4 (2 години)

Тема: Застосування теорії масового обслуговування у дослідженнях під час прийняття управлінських рішень



Мета: оволодіння методикою досліджень з використанням теорії масового обслуговування під час прийняття управлінських рішень.

Задачі:

1. Ознайомитися з методикою теорії масового обслуговування.
2. Виконати дослідження ефективності функціонування систем масового обслуговування.

Теоретичні відомості

Теорія масового обслуговування (ТМО) є одним з розділів теорії ймовірностей і в останні роки виділилася в самостійний розділ математики.

Стимулом до розвитку теорії масового обслуговування стали спроби передбачати потреби, які випадково змінюються за результатами спостережень. Теорія масового обслуговування займається вивченням таких процесів, в яких виникають черги на обслуговування. Причиною виникнення черг в обслуговуванні є наявність потреб, що випадково змінюються і (або) коливання часу, що витрачається на задоволення окремої заявки на обслуговування.

Загальна модель системи масового обслуговування складається з обслуговуючої системи і тієї, що обслуговується. Система, що обслуговується, включає сукупність джерел вимог і вхідного потоку вимог.

Вимога – кожен окремий запит на виконання якої-небудь роботи (на виробництво послуги).

Джерело вимоги – об'єкт (людина, механізм і т.д.), що може послати в обслуговуючу систему одночасно тільки одну вимогу.

Можливий носій вимоги. Наприклад, автомобіль або агрегат, що може вийти з ладу, мешканець міста або група мешканців – це джерела вимог. А заявка на ремонт, запасну частину, вільне таксі – носій вимог, що відповідають зазначеним вище джерелам.

Вимога і його носій часто ототожнюються. Вимоги, що надходять від усіх джерел в обслуговуючу систему, утворюють потік, називаний вхідним потоком вимог.

Обслуговуюча система складається з нагромаджувача і механізму обслуговування.

Вимоги надходять у накопичувач, де очікують початку обслуговування, якщо є черга, або відразу в механізм обслуговування.

Обслуговуванням вважається задоволення запиту, що надійшов,



на виконання послуги. Механізм обслуговування складається з декількох обслуговуючих апаратів.

Обслуговуючий апарат – це частина механізму обслуговування, що здатна задовольнити одночасно тільки одну вимогу (ремонтник або бригада, кран, екскаватор, пост мийки і т.д.). Якщо обслуговування складається з ряду послідовних операцій, кожна з яких виконується окремо обслуговуючим апаратом, то таке об'єднання апаратів називають каналом обслуговування, а саму систему – багатофазовою.

Після закінчення обслуговування вимоги залишають систему, утворюють вихідний потік вимог.

Як приклад системи масового обслуговування розглядається організація навантаження на великому підприємстві – відправнику вантажу. У такій системі вхідний потік вимог утворюють автомобілі, що прибувають на підприємство у випадкові моменти часу. Обслуговуванням є навантаження вантажів в автомобілі і виконання ряду супутніх операцій, наприклад, перевірка автомобілів під час в'їзду на територію підприємства, зважування, оформлення документів і т.д. Обслуговування в цьому випадку є багатофазовим. Потрібно проаналізувати роботу даної системи.

Проводячи відповідні спостереження, можна встановити закон розподілу вхідного потоку вимог, закон розподілу часу обслуговування на кожній фазі, час очікування автомобіля в черзі, час простою обслуговуючих апаратів та інші характеристики. Потім можна оцінити витрати від очікування в черзі автомобілів та витрати від простою апаратів і обслуговуючого персоналу. Якщо отримана сума виявиться досить великою, то варто змінити організацію навантажувальних робіт, наприклад, збільшити число постів навантаження або зважування, замінити рухомий склад, змінити порядок навантаження, збільшити змінність роботи і т.д.

Теорія масового обслуговування дозволяє визначити характер функціонування системи масового обслуговування за характеристиками окремих її частин (сукупність вимог «вхідний потік», «накопичувач», «механізм обслуговування», «вихідний потік»).

Для оцінки роботи обслуговуючої системи можна застосувати також «Метод проб і помилок». Наприклад, вводиться ще один пост навантаження, а потім протягом деякого часу проводиться



спостереження за роботою модифікованої системи і визначаються нові характеристики її функціонування. Значним недоліком даного методу є те, що спочатку доводиться витратити час і засоби, а потім уже визначати, наскільки ефективні були ці витрати. З іншого боку, якщо кількість можливостей модифікації обмежено при виборі їх для експерименту, то відповідь на це питання можна одержати за допомогою теорії масового обслуговування.

Зрозуміло, для застосування теорії масового обслуговування також потрібно вивчати й аналізувати фактичні дані. Але при цьому приходиться розглядати не систему в цілому, а кожную складову частину окремо, що набагато простіше. Такий аналіз можна виконати до того, як обслуговуюча система модифікована. У цьому і полягає практична мета застосування теорії: можливість передбачати поведінку системи до того, як така система створена, тобто ще на стадії її проектування.

Тепер — можна сформулювати предмет теорії масового обслуговування і мету, яку вона переслідує.

Предметом теорії масового обслуговування є кількісна сторона процесів, пов'язаних з масовим обслуговуванням.

Метою теорії є розробка математичних методів для знаходження основних характеристик процесів масового обслуговування для оцінки якості функціонування обслуговуючої системи.

У залежності від кількості джерел вимог системи масового обслуговування поділяються на дві групи: замкнуті з обмеженою кількістю джерел, наприклад, система екскаватори - самоскиди під час вивозу ґрунту, і розімкнуті, з необмеженою кількістю джерел, наприклад, система станція технічного обслуговування – власники індивідуальних автомобілів. Велике значення для розв'язання задач масового обслуговування мають закони розподілу вхідного потоку вимог і часу обслуговування.

Відповідно до поведінки вимог усі системи можна розділити на три групи:

- системи з відмовами, у яких вимога, що застала всі обслуговуючі апарати зайнятими, одержує відмову в обслуговуванні і втрачається (наприклад, у системі автоматична телефонна станція – клієнти – відмова, якщо в момент надходження виклику зайнята потрібна лінія зв'язку);

- системи з очікуванням: вимога чекає початку обслуговування,



водного господарства та природокористування
наприклад, автомобіль очікує навантаження;

– змішані системи, коли частина вимог залишає накопичувач або взагалі не приєднується до черги в залежності від її довжини і часу очікування; наприклад, частина автомобілів може виїхати з автозаправної станції, якщо велика черга на заправлення.

Критеріями ефективності функціонування систем масового обслуговування, у залежності від характеру задачі, що розв'язується, можуть бути:

– Імовірність негайного обслуговування заявки, що надійшла.

– Імовірність відмовлення в обслуговуванні заявки, що надійшла.

– Середня кількість заявок, що обслуговуються і заявок, що одержали відмову.

– Середній час очікування в черзі.

– Середня довжина черги.

– Відносна й абсолютна пропускна здатність системи тощо.

Розрізняють два основних види систем масового обслуговування.

1. Системи з відмовами, в яких заявка, що надійшла в систему в момент, коли всі канали зайняті, одержує відмову і відразу ж залишає чергу.

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

Останні поділяються на системи з обмеженим очікуванням і системи з необмеженим очікуванням.

У системах з обмеженим очікуванням може обмежуватися:

– Довжина черги, наприклад, кількість місць для чекання в черзі.

– Час перебування в черзі.

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

Варіанти для виконання індивідуальних завдань наведено у таблицях 3.4.1 – 3.4.3 та додатку А.



Таблиця 3.4.1

Вихідні дані для розрахунків (приклад 1)

Параметри	Остання цифра залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Інтенсивність вхідного потоку заявок, λ	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15

Таблиця 3.4.2

Вихідні дані для розрахунків (приклад 2)

Параметри	Остання цифра залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кількість каналів, n	2	3	4	5	6	7	7	7	8	8
Інтенсивність вхідного потоку заявок, λ	4	5	6	7	8	8	7	9	10	3
Час обслугову- вання, $M_{\text{обсл.}}$, години	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
Тривалість роботи, години	8	10	12	12	14	10	10	8	14	12

Таблиця 3.4.3

Вихідні дані для розрахунків (приклад 3)

Параметри	Остання цифра залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Імовірність відмови, $P_{\text{відм.}}$	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,1	0,08	0,35	0,42
Інтенсивність вхідного потоку заявок, λ	4	3	6	2	5	2	4	5	6	4
Час обслуго- вування, $M_{\text{обсл.}}$, години	20	15	30	20	15	30	10	20	30	15



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

Приклад 1. Необхідно організувати стоянку автомобілів-таксі біля магазину. Вважається, що простій автомобіля-таксі на стоянці не повинен перевищувати 20 хвилин. Спостереження показали, що у середньому за 20 хвилин до стоянки підходять 3 пасажирів для поїздки у різних напрямках. Необхідно визначити, яка кількість автомобілів повинна розміщуватися на цій стоянці.

Розв'язання

1. Визначаємо імовірність появи пасажирів за формулою:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda \cdot t},$$

де $P_k(t)$ – імовірність надходження k вимог за час, $t=1$, оскільки у якості проміжку часу приймається один 20-хвилинний інтервал; λ – параметр закону розподілу, тобто середня кількість вимог за одиницю часу (інтенсивність вхідного потоку заявок), $\lambda=3$.

$$P_0(1) = \frac{(3 \cdot 1)^0}{0!} \cdot e^{-3 \cdot 1} = 0,0498,$$

2. Визначаємо імовірність появи пасажирів $P_k(1)$ за різними значеннями k :

$$P_1(1) = \frac{(3 \cdot 1)^1}{1!} \cdot e^{-3 \cdot 1} = 0,1494; P_2(1) = \frac{(3 \cdot 1)^2}{2!} \cdot e^{-3 \cdot 1} = 0,224;$$

$$P_3(1) = \frac{(3 \cdot 1)^3}{3!} \cdot e^{-3 \cdot 1} = 0,224; P_4(1) = \frac{(3 \cdot 1)^4}{4!} \cdot e^{-3 \cdot 1} = 0,168;$$

$$P_5(1) = \frac{(3 \cdot 1)^5}{5!} \cdot e^{-3 \cdot 1} = 0,1008.$$

За даними бачимо, що найбільша імовірність відповідає появі двох або трьох пасажирів. Оскільки ця імовірність однакова, то можливо організувати стоянку тільки на два автомобіля.

Розглянемо випадок, коли система масового обслуговування функціонує з відмовами і має у своєму розпорядженні n каналів.

Приклад 2. Досліджується робота великої оптової бази, що має у своєму розпорядженні чотири поста навантаження ($n=4$). База працює з відмовами 10 годин на добу. Статистичними спостереженнями встановлено, що на базу надходить найпростіший



потік заявок із щільністю $\lambda=3$ заявки в годину. Час обслуговування розподілений за показовим законом у середньому складає $M_{\text{т.обсл}} = 0,8$ годин на автомобіль. Потрібно знайти числові характеристики ефективності функціонування бази по завантаженню автомобілів клієнтів.

Розв'язання

1. Визначаємо інтенсивність потоку обслуговування одним каналом.

$$\mu = \frac{1}{M_{\text{т.обсл.}}} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ автомобілів за годину}$$

2. Визначаємо приведену щільність потоку заявок, завантаження системи.

$$a = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{3}{1,25} = 2,4.$$

3. Визначаємо імовірність того, що система повинна бути у стані X_0 , тобто середню частку повного простою бази.

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{k=4} \frac{a^k}{k!}} = \frac{1}{\frac{2,4^0}{0!} + \frac{2,4^1}{1!} + \frac{2,4^2}{2!} + \frac{2,4^3}{3!} + \frac{2,4^4}{4!}} =$$
$$= \frac{1}{1 + 2,4 + 2,88 + 2,3 + 1,38} = 0,102.$$

Це означає, що 10,2% часу база в середньому буде простоювати.

4. Визначаємо імовірності інших станів системи.

$$P_1 = \frac{a^1}{1!} \cdot P_0 = 2,4 \cdot 0,102 = 0,2448;$$

$$P_2 = \frac{a^2}{2!} \cdot P_0 = \frac{2,4^2}{2} \cdot 0,102 = 0,29376;$$

$$P_3 = \frac{a^3}{3!} \cdot P_0 = \frac{2,4^3}{6} \cdot 0,102 = 0,2304;$$

$$P_4 = \frac{a^4}{4!} \cdot P_0 = \frac{2,4^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cdot 0,102 = 0,141;$$

Переконуємося, що розрахунок виконаний правильно:



$$0,102 + 0,2448 + 0,29376 + 0,2304 + 0,141 = 1,012 \approx 1,0.$$

Визначаємо імовірність відмови системи. Вона дорівнює:

$$P_{\text{відм}} = P_4 = 0,141.$$

Обчислюємо відносну пропускну здатність бази пов'язану з навантаженням автомобілів:

$$q = 1 - P_{\text{відм}} = 1 - 0,141 = 0,859.$$

Це значить, що 14% автомобілів одержує відмову і 86% автомобілів будуть обслуговані.

5. Обчислюємо абсолютну пропускну здатність оптової бази (один з основних критеріїв ефективності функціонування системи).

За одну годину

$$Q_{\text{год.}} = \lambda \cdot q = 3 \cdot 0,859 = 2,58 \text{ автомобілів}$$

За десять годин:

$$Q_{\text{зм.}} = t \cdot \lambda \cdot q = 10 \cdot 3 \cdot 0,859 = 25,8 \text{ автомобілів}$$

6. Знаходимо номінальну, тобто максимально можливу пропускну здатність станції

$$Q_{\text{ном.}} = \mu \cdot t \cdot n = 1,25 \cdot 10 \cdot 4 = 50 \text{ автомобілів}$$

7. Визначаємо математичне очікування кількості зайнятих каналів:

$$M[k] = \sum_{k=1}^n k \cdot P_k = 1 \cdot 0,2448 + 2 \cdot 0,29376 + 3 \cdot 0,2304 + 4 \cdot 0,141 = 2,09$$

Приклад 3. Досліджується функціонування великої оптової бази, що працює з відмовами. На базу надходить найпростіший потік автомобілів із щільністю $\lambda=3$ автомобілі на годину. Час обслуговування розподілений за показниковим законом і характеризується в середньому $M_{\text{т.обсл}} = 30$ хвилин на автомобіль. Потрібно визначити кількість постів навантаження K , при якому імовірність відмови не буде перевищувати 0,17.

Розв'язання

1. Визначаємо параметр a , тобто приведену інтенсивність вхідного потоку заявок

$$a = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda \cdot M_{\text{т.обсл.}} = 3 \cdot \frac{1}{2} = 1,5.$$

2. Для системи з відмовами імовірність відмови чисельно



Це означає, що імовірність, яка досліджується, дорівнює

$$P_{\text{досл.}} = P(k) = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{i=0}^k \frac{a^i}{i!}} \leq 0,17.$$

3. Для розв'язання задачі визначаємо стани системи, тобто приймаємо $k=0, 1, 2, 3, 4$ і т.д.

При $k=2$, тоді:

$$P_{(k=2)} = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{i=0}^k \frac{a^i}{i!}} = \frac{\frac{1,5^2}{2!}}{\frac{1,5^0}{0!} + \frac{1,5^1}{1!} + \frac{1,5^2}{2!}} = 0,72.$$

При $k=3$, тоді:

$$P_{(k=3)} = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{i=0}^k \frac{a^i}{i!}} = \frac{\frac{1,5^3}{3!}}{\frac{1,5^0}{0!} + \frac{1,5^1}{1!} + \frac{1,5^2}{2!} + \frac{1,5^3}{3!}} = \frac{0,5625}{3,6875} = 0,15.$$

При $k=4$, тоді:

$$P_{(k=4)} = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{i=0}^k \frac{a^i}{i!}} = \frac{\frac{1,5^4}{4!}}{\frac{1,5^0}{0!} + \frac{1,5^1}{1!} + \frac{1,5^2}{2!} + \frac{1,5^3}{3!} + \frac{1,5^4}{4!}} = \frac{0,211}{3,898} = 0,05.$$

Як бачимо, чим більше постів навантаження, тим менше імовірність відмови в обслуговуванні. Для розглянутого прикладу, для того, щоб імовірність відмови не перевершувала 0,17, треба мати три пости.

3.5. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 (4 години)

Тема: Встановлення взаємозв'язків між параметрами об'єкта дослідження за допомогою кореляційного аналізу

Мета: набуття навичок застосування кореляційних моделей під час аналізу показників об'єкта дослідження.

Задачі:



1. Виконати підбір виду кореляційного рівняння.
2. Виконати кореляційний аналіз рівняння прямолінійної функції.
3. Виконати кореляційний аналіз рівняння параболічної функції.

Теоретичні відомості

Техніко-економічні та експлуатаційні показники роботи авто-транспортних підприємств зв'язані між собою і ззовнішніми факторами: роботою клієнтури, що обслуговується, станом доріг, кліматичними умовами іт.д.

Коли величина показника точно і виразно залежить від фактора, що впливає на нього, має місце функціональна залежність, тобто такий зв'язок між величинами, при якому значення залежної величини (функції) цілком визначається значеннями величини факторів, що впливають – аргументів.

Наприклад, середня довжина їздки з вантажем $l_{i,v}$ (км) залежить від загального навантаженого пробігу A автомобілів і кількості

виконаних ними їздок $\dot{n}_i$:
$$l_{i,v} = \frac{L_a}{n_i}.$$

Це буде чітко дотримуватися незалежно від того, чи використовуються під час розрахунків дані про роботу одного або багатьох автомобілів, де виконуються перевезення, який вантаж перевозиться і якими автомобілями.

Однак взаємозв'язки багатьох показників використання рухомого складу, результатів діяльності автотранспортних підприємств виявляються лише в загальній сукупності спостережень. Наприклад, відомо, що експлуатаційна швидкість автомобілів зростає зі збільшенням відстані перевезень. Однак за однієї і тій самій відстані під час кожної їздки автомобіля експлуатаційна швидкість може бути різною, тому що на неї ще впливають технічна швидкість, час навантаження-розвантаження та інші фактори. Однак загальна закономірність збільшення експлуатаційної швидкості при збільшенні відстані перевезення вантажів буде явно виявлятися, якщо проаналізувати значну кількість даних про роботу автомобілів. Це дає підставу враховувати під час планування роботи цю закономірність. Подібні закономірності відбивають не функціональні, а кореляційні залежності



Кореляційні зв'язки є статистичними, тому що величина функції y не цілком визначається впливом незалежних величин x .

Вони зв'язані між собою стохастичними зв'язками, тобто такими, котрі виявляються між випадковими величинами, коли наявні загальні випадкові фактори, що впливають як на одну, так і на іншу величину, поряд з іншими, не однаковими для обох величин. При цьому зв'язок між залежною величиною y і незалежною величиною x виявляється в тім, що кожному значенню x відповідає ряд випадкових значень y , але зі зміною x ці ряди закономірно змінюють своє положення.

Щоб перевірити, як виявляється зв'язок між двома змінними, потрібно побудувати графік - поле кореляції.

Поле кореляції – це поле крапок, на якому кожна крапка відповідає одиниці сукупності, її координати визначаються значеннями ознак x та y .

За характером розташування точок на полі кореляції роблять висновок про наявність або відсутність зв'язку, про характер зв'язку (лінійний або нелінійний, а якщо зв'язок лінійний – то прямий або зворотний).

Також це дає можливість установити закономірну форму зв'язку між x та y , що повинна бути або прямою, або пивною кривою, що виражається математичним рівнянням того або іншого виду, для знаходження якого використовуються методи кореляційного аналізу. Таким чином, кореляційний аналіз застосовується для того, щоб під час складної взаємодії сторонніх впливів виявити, якою би була залежність між результатом і фактором, якби сторонні фактори не змінювалися і не спотворювали основну залежність своєю зміною.

Разом з тим, необхідно підкреслити, що наявність самої залежності між результатом і фактором, що впливає на нього, повинна бути обґрунтована, насамперед, у результаті професійного аналізу внутрішньої сутності досліджуваного виробничого або господарського процесу і причин, що його породжують. Математичний апарат кореляційного аналізу дає можливість тільки або підтверджувати, або відкидати припущення, які зроблено на основі якісного професійного аналізу, визначати кількісну зміну виявленої залежності, її надійність, силу впливу окремих факторів або всієї їхньої сукупності на той або інший показник. Тому методи



кореляційного аналізу можна застосовувати тільки в тому випадку, якщо вважається встановленим, що зв'язок між фактором x і залежним від нього показником y дійсно існує або може існувати.

У найпростішому випадку кореляційний аналіз використовується для визначення залежності між двома показниками, один із яких є незалежним показником-фактором. Ця залежність характеризується функцією $y = f(x)$.

На початку кореляційного аналізу необхідно встановити вид цієї функції, тобто знайти таке кореляційне рівняння, що найкраще відповідатиме характеру досліджуваного зв'язку.

Підбір виду кореляційного рівняння є найбільш відповідальною задачею кореляційного аналізу і вимагає глибоких знань процесів, що досліджуються.

Найбільш простим є рівняння прямолінійної функції

$$y = a_0 + a_1 \cdot x, \quad (3.5.1)$$

де a_0 і a_1 – постійні коефіцієнти (параметри).

Якщо якісний аналіз процесу, що досліджується, дозволяє стверджувати, що між x та y можлива прямолінійна залежність, тобто має місце рівномірне наростання результативної змінної зі збільшенням незалежної змінної, то це припущення слід перевірити на фактичних даних і визначити параметри цього рівняння. Кореляційний зв'язок може бути встановлено тільки при великому обсязі статистичного матеріалу.

Чисельні значення параметрів a_0 і a_1 необхідно визначити так, щоб пряма щонайкраще відповідала фактичним даним, тобто сума квадратів відхилень точок $\bar{y}$ цієї лінії від фактичних точок на полі кореляції була мінімальною:

$$\sum (y - \bar{y})^2 = \min$$

Використання квадрата відхилень дозволяє уникнути впливу знака відхилень. Якщо ж відхилення брати в першому ступені, тобто, коли вони можуть бути як позитивні, так і негативні, то їхня сума для прямої, проведеної на полі кореляції, буде дорівнювати нулю. Знаходження прямої, якій відповідає мінімальна сума квадратів відхилень, гарантує її одиничність. Коефіцієнти рівняння прямої a_0 і a_1 знаходяться рішенням системи нормальних рівнянь, одержуваних за способом найменших квадратів:



$$\left. \begin{aligned} \sum y &= n \cdot a_0 + a_1 \sum x; \\ \sum xy &= a_0 \cdot \sum x + a_1 \sum x^2 \end{aligned} \right\} \quad (3.5.2)$$

Розв'язання цієї системи дозволяє визначити коефіцієнти a_0 і a_1 , тому що y і x відомі, а n кількість спостережень, що також є відомим.

Припустимо, що є експериментальні дані про коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобілів на перевезенні снігу при різному нарощуванні бортів автомобілів (графи 2 і 3, таблиця 3.5.1; крива – 1, рисунок 3.5.1). Незважаючи на розкид отриманих даних і неявну залежність, припустимо, що вона прямолінійна. Потрібно знайти залежність між величиною нарощування бортів автомобіля і коефіцієнтом використання вантажопідйомності автомобіля, тобто знайти параметри лінійного рівняння кореляції.

Таблиця 3.5.1

Результати розрахунку

№ виміру	Розмір підвищення борта автомобіля, x , см	Коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля, y	x^2	xy	$\bar{y}$	y^2
1	2	3	4	5	6	7
1	10	0,7	100	7,0	0,71	0,49
2	15	0,7	225	10,5	0,735	0,49
3	20	0,7	400	14,5	0,76	0,49
4	25	0,8	625	20,0	0,785	0,64
5	30	0,9	900	27,0	0,81	0,81
6	40	0,85	1600	34,0	0,86	0,72
Σ	140	4,65	3850	112,5	-	3,64

Для цього необхідно підрахувати суми $\sum x$; $\sum x^2$; $\sum y$; $\sum xy$ (таблиця 3.5.2). Підставляючи отримані суми в систему нормальних рівнянь для випадку лінійної кореляції, одержимо:

$$\begin{aligned} 4,65 &= 6 \cdot a_0 + a_1 \cdot 140; \\ 112,5 &= a_0 \cdot 140 + a_1 \cdot 3850. \end{aligned}$$

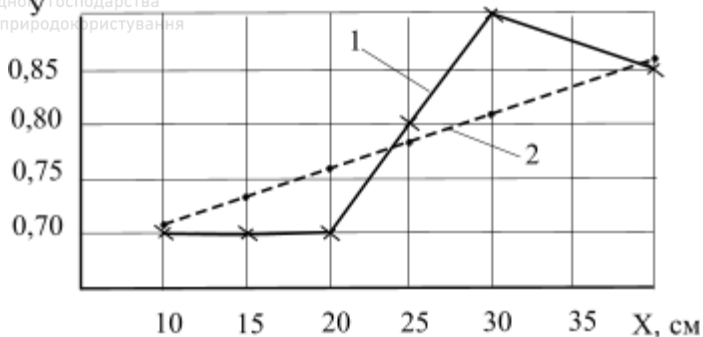


Рис. 3.5.1. Залежність збільшення коефіцієнта використання вантажопідйомності автомобіля (y) від підвищення борта автомобіля (x): 1 – за фактичними даними; 2 – за кореляційним рівнянням.

Поділивши кожен член в обох рівняннях на коефіцієнти при a_0 , будемо мати:

$$\begin{cases} 0,78 = a_0 + 23,3 \cdot a_1; \\ 0,80 = a_0 + 27,4 \cdot a_1. \end{cases}$$

Віднімемо з другого рівняння перше $0,02 = 4,1 \cdot a_1$; $a_1 = 0,005$.

Підставимо значення a_1 у перше рівняння $0,78 = a_0 + 0,12$ і знайдемо $a_0 = 0,78 - 0,12 = 0,66$. Звідси рівняння шуканої прямої $\bar{y} = 0,66 + 0,005x$.

Якщо в це рівняння підставити різні x , то одержимо відповідні значення $\bar{y}$. У стовпці 6 табл. 3.5.1 зазначені ці значення для всіх x , записаних у стовпці 2. За цими даними проводимо лінію регресії в полі кореляції (рисунок 3.5.1, крива – 2).

За допомогою цього рівняння можна приблизно визначити висоту нарощування бортів автомобіля до повного використання його вантажопідйомності під час перевезення снігу. Для цього задаємо $\bar{y}_x = 1,0$ і знаходимо:

$$1,0 = 0,66 + 0,005 \cdot x; \quad x = \frac{1,0 - 0,66}{0,005} = 68.$$

Розглянутий приклад містить невелику кількість даних, тому отримана кореляційна залежність навряд чи є дуже надійною.



Однак для того, щоб використовувати отриману закономірність, для аналізу і планування необхідно визначити, яка тіснота зв'язку, сила залежності між двома показниками. Для цього визначається лінійний коефіцієнт кореляції r , що може бути розрахований за формулами:

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (3.5.3)$$

або

$$r = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (3.5.4)$$

Визначимо тісноту зв'язку між цими факторами за допомогою розрахунку коефіцієнта кореляції за формулою (3.5.3).

Виходячи з даних таблиці 3.5.1, одержуємо:

$$\begin{aligned} \overline{xy} &= \frac{\sum xy}{n} = \frac{112,5}{6} = 18,75; \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= \frac{\sum x}{n} \cdot \frac{\sum y}{n} = \frac{140}{6} \cdot \frac{4,65}{6} = 18,1; \\ \sigma_x^2 &= \frac{\sum x^2}{n} - \left(\frac{\sum x}{n}\right)^2 = \frac{3850}{6} - \left(\frac{140}{6}\right)^2 = 98; \\ \sigma_x &= \sqrt{98} = 9,9; \\ \sigma_y^2 &= \frac{\sum y^2}{n} - \left(\frac{\sum y}{n}\right)^2 = \frac{3,64}{6} - \left(\frac{4,65}{6}\right)^2 = 0,06; \\ \sigma_y &= \sqrt{0,06} = 0,24. \end{aligned}$$

Тепер маємо всі дані для обчислення коефіцієнта кореляції:

$$r = \frac{18,75 - 18,1}{9,9 \cdot 0,24} = 0,27.$$

Це показує, що отримана залежність не має достатньої тісноти зв'язку, тому що лінійний коефіцієнт кореляції r змінюється від 1, коли є повний функціональний зв'язок, до 0, коли будь-який зв'язок між x та y відсутній, тобто $0 \leq r \leq 1$. Чим ближче значення r , до одиниці, тим тісніше зв'язок, чим ближче значення r до нуля, тим слабкіший зв'язок.



При $r < 0,30$ зв'язок вважається слабким, при $r = 0,3-0,7$ – середній, при $r > 0,7$ – сильний або тісний. (Якщо показник r зменшується зі збільшенням значення величини x , то r приймає негативне значення і змінюється від -1 до 0, тобто $-1 \geq r \geq 0$). У даному випадку $r = 0,27$, що свідчить або про необхідність перевірки отриманої залежності по більшому числу спостережень, або про те, що ця залежність не є лінійною.

Використовуються і інші види нелінійних функцій.

Методи розрахунку параметрів нелінійних кореляційних рівнянь аналогічні методам розрахунку прямолінійних, тому що і тут зберігається вимога найменших квадратів.

Практичні завдання

Завдання 1. Виконати дослідження залежності швидкості сполучення на автобусних маршрутах від середньої відстані між зупинними пунктами відповідно даних спостережень.

На 110 автобусних маршрутах були проведені спостереження за швидкістю сполучення в залежності від середньої відстані між зупиночними пунктами. Дані спостережень представлені в табл. 3.5.2.

Таблиця 3.5.2
Вихідні дані для розрахунку

Швидкість сполучення (<i>y</i>), км/год	Кількість маршрутів, <i>m_{xy}</i>						$\sum m_y$
	Інтервали і середня відстань між зупинками на маршрутах (<i>x</i>), м						
	500- 800 (650)	801- 1100 (950)	1101- 1400 (1250)	1401- 1700 (1550)	1701- 2000 (1850)	2001- 2300 (2150)	
1	2	3	4	5	6	7	8
21-23(22)	-	-	-	-	2	2	4
19-21(20)	-	2	10	14	4	-	30
17-19(18)	-	16	10	8	-	-	34
15-17(16)	8	24	-	-	-	-	32
13-15(14)	10	-	-	-	-	-	10
$\sum m_x$	18	42	20	22	6	2	110

У ній на перетині кожного рядка і стовпця дана цифра, що вказує, скільки разів m_{xy} спостерігалася швидкість сполучення y при



середній відстані x між зупинками на маршрутах. Наприклад, число 24 у другому стовпці означає, що в інтервалі середньої відстані між зупиночними пунктами 800 – 1000 м на 24 маршрутах швидкість сполучення була від 15 до 17 км/год. Кожному інтервалові x та y відповідає середнє значення.

Підсумкові стовпець і рядки дають суму спостережень на кожному інтервалі. Таблиця 3.5.2 називається кореляційною таблицею. Виконати кореляційний аналіз, використовуючи кореляційну таблицю 3.5.2, у наступній послідовності:

1. Оцінити характер впливу x та y , побудувавши емпіричну залежність y від x . Для обчислення y використовувати формулу:

$$\bar{y}_i = \frac{y_1 \cdot m_{(xy)1} + y_2 \cdot m_{(xy)2} + \dots + y_i \cdot m_{(xy)i}}{m_{(xy)1} + m_{(xy)2} + \dots + m_{(xy)i}} \quad (3.5.5)$$

Отримані дані представити в наступному вигляді:

Таблиця 3.5.3

Розрахункові дані

x	650	950	1250	1550	1850	2150
$\bar{y}$						

На підставі табличних даних (таблиця 3.5.2) побудувати емпіричну залежність $\bar{y}$ від x і зробити висновок.

2. Відобразити дану залежність кореляційним рівнянням (наприклад $y = a_0 + a_1x$).

3. Визначити коефіцієнти рівняння. Для визначення коефіцієнтів a_0 і a_1 цього рівняння необхідне розв'язання системи нормальних рівнянь. Крім того, з метою спрощення обчислень прийемо:

$$x' = \frac{x - C_x}{i_x}; \quad (3.5.6)$$

$$y' = \frac{y - C_y}{i_y} \quad (3.5.7)$$

де C_x і C_y – нові початки відліку; i_x та i_y – інтервали по x та y .

Тоді система нормальних рівнянь для даного приклада приймає вигляд:



$$\left. \begin{aligned} \sum y' m_y &= n \cdot a'_0 + a'_1 \sum x' m_x; \\ \sum x' y' m_{xy} &= a'_0 \cdot \sum x' m_x + a'_1 \sum (x')^2 \cdot m_x \end{aligned} \right\} \quad (3.5.8)$$

Наведемо необхідні розрахунки в таблиці 3.5.4, де обкреслена жирною рамкою частина повторює таблицю 3.5.2, а інші рядки і стовпці є допоміжними. Проведені в них дії показані літерними позначеннями.

Якщо прийняти $C_x=1250$, $C_y=18$, $i_x=300$, $i_y=2$,

$$x'_1 = \frac{650 - 1250}{300} = -2; \quad x'_2 = \frac{950 - 1250}{300} = -1;$$

$$\text{і т.д.} \quad y'_1 = \frac{22 - 18}{2} = 2; \text{ і т.д.}$$

Отримані значення записати в табл. 3.5.4.

Виконати всі інші обчислення в допоміжних стовпцях і рядках цієї таблиці та одержати дані для системи нормальних рівнянь (3.5.8).

Вирішуючи цю систему, визначити коефіцієнти a'_0 та a'_1 .

Тоді $\overline{y'} = a'_0 + a'_1 \cdot x$,

Від параметрів a'_0 та a'_1 треба перейти до параметрів a_0 і a_1 по формулах перетворення.

Формулами перетворення параметрів a'_0 та a'_1 у параметри a_0 і a_1 є наступні:

$$a_0 = C_y + i_y a'_0 - a'_1 C_x \frac{i_y}{i_x}; \quad (3.5.9)$$

4. Записати рівняння в остаточному вигляді. Воно виражає теоретичну лінію регресії, що відбиває закономірний зв'язок зміни y від x . Обчислити a_0 використовуючи дане рівняння.

Отримані дані представити в наступному виді:



Розрахункові дані

x	650	950	1250	1550	1850	2150
$\bar{y}$						

5. На підставі табличних даних побудувати теоретичну залежність $\bar{y}_x$ від x і зробити висновок.

$$a_1 = a'_1 \frac{i_y}{i_x}; \quad (3.5.10)$$

6. Для того, щоб використовувати отриману закономірність, для аналізу необхідно визначити силу залежності (тісноту зв'язку) між двома показниками. Для цього необхідно визначити лінійний коефіцієнт кореляції r .

Під час застосування формул для x' і $y'r$ визначається за формулою:

$$r = \frac{m_{xy} \sum x'y'm_x - \sum x'm_x \sum y'm_y}{\sqrt{m_{xy} \sum (x')^2 m_x - \sum (x'm_x)^2} \cdot \sqrt{m_{xy} \sum (y')^2 m_y - \sum (y'm_y)^2}} \quad (3.5.11)$$

У таблиці 3.5.5 розраховані всі члени рівняння, за яким необхідно обчислити значення r .

7. Аналізуючи значення r зробити висновок.

Завдання 2. Виконати дослідження залежності коефіцієнта використання пробігу β вантажних автомобілів від середньої відстані їздки з вантажем $l_{i.v.}$.

З практики роботи автотранспортних підприємств відомо, що чим більше $l_{i.v.}$, тим вище β , тому що в загальному пробігу автомобілів менша частка нульових пробігів і є більші можливості для організації перевезення вантажів за раціональними маршрутами. Деякі звітні дані представлені в таблиці 3.5.6.

Виконати кореляційний аналіз, використовуючи кореляційну таблицю 3.5.6, у наступній послідовності:

1. Побудувати емпіричну залежність $\bar{y}_x$ від x .

Можна припустити, що залежність між β і $l_{i.v.}$ є параболічною. Тоді, позначивши β через y і $l_{i.v.}$ через x , можна записати



Таблиця 3.5.6

Вихідні дані

Середня від- стань їздки з вантажем, x , км	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Коефіцієнт використання пробігу, y	0,52	0,58	0,64	0,69	0,73	0,75	0,79	0,82	0,83	0,85

$$\overline{y_x} = a_0 + a_1x + a_2x^2.$$

2. Обчислити коефіцієнти рівняння $a_0; a_1; a_2$.

Параметри рівняння параболи $a_0; a_1; a_2$ обчислюються шляхом рішення системи трьох нормальних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 &= \sum y; \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 &= \sum xy; \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 &= \sum ux^2. \end{aligned} \right\} \quad (3.5.12)$$

Члени рівнянь, необхідні для рішення, представити в таблиці 3.5.7.

На підставі розрахункових даних скласти систему рівнянь. Розділити всі рівняння на відповідні коефіцієнти при a_0 і записати систему рівнянь у новому виді. Потім відняти з другого рівняння перше і з третього друге і одержати два нових рівняння з двома невідомими. Отримані рівняння розділити на коефіцієнти при a_1 . Відняти з другого рівняння перше і визначити коефіцієнти a_2, a_1, a_0 .

Визначивши чисельні значення a_0, a_1 і a_2 , необхідно записати рівняння параболи, що виражає зв'язок між β и $l_{\text{в}}$.

Таблиця 3.5.7

Розрахункові дані

Середня від- стань їздки з вантажем, x , км	Коефіцієнт використання пробігу, y	x^2	x^3	x^4	xy	ux^2	$\overline{y_x}$
1	2	3	4	5	6	7	8
10	0,52						



1	2	3	4	5	6	7	8
20	0,58						
30	0,64						
40	0,69						
50	0,73						
60	0,75						
70	0,79						
80	0,82						
90	0,83						
100	0,85						
$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	

3. Розрахувати по отриманому рівнянню $\bar{y}_x$ для кожного значення x і занести в таблицю 3.5.7 (стовпець 8).

4. Побудувати теоретичну лінію регресії і зробити висновок.

5. Визначити тісноту зв'язку за допомогою теоретичного кореляційного відношення і зробити висновок.

Теоретичне кореляційне відношення обчислюється за формулою:

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sum (y - \bar{y}_x)^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}, \quad (3.5.13)$$

де y – фактичне значення результативної ознаки; $\bar{y}_x$ – його значення по кореляційному рівнянню; $\bar{y}$ – загальна середня.

На відміну від коефіцієнта кореляції кореляційне відношення може приймати тільки позитивні значення. Для розрахунку теоретичного кореляційного відношення необхідні дані занести в таблицю 3.5.8.

Таблиця 3.5.8

Результати розрахунку

y	$\bar{y}_x$	$y - \bar{y}_x$	$(y - \bar{y}_x)^2$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	2	3	4	5	6
0,52					
0,58					
0,64					



1	2	3	4	5	6
0,69					
0,73					
0,75					
0,79					
0,82					
0,83					
0,85					
$\Sigma =$	-	-	$\Sigma =$	-	$\Sigma =$

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика/ В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 1972. – 368 с.
2. Эренберг Э. Анализ и интерпретация статистических данных / Э. Эренберг. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 406 с.
3. Анализ дорожно-транспортных происшествий /Г.Я. Волошин, П.В. Мартынов, А.Г. Романов и др. – М.: Транспорт, 1987. – 240 с.
4. Геронимус Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте: учебник для учащихся автотрансп. техникумов/ Б.Л. Геронимус, Л.В. Цапфин. – М.: Транспорт, 1988. – 192 с.
5. Грушко И.М. Основы научных исследований /И.М. Грушко, В.М. Сиденко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1983. – 224 с.
6. Брайловский Н.О., Моделирование транспортных систем/Н.О. Брайловский, Б.И. Грановский. – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.



Критичне значення критерію χ^2 для трьох ступенів довірчої імовірності

$\begin{matrix} P \\ f \end{matrix}$	0,95	0,99	0,999	$\begin{matrix} P \\ f \end{matrix}$	0,95	0,99	0,999
1	3,8	6,6	10,8	26	38,9	45,6	54,1
2	6,0	9,2	13,8	27	40,1	47,0	55,5
3	7,8	11,3	16,3	28	41,3	48,3	56,9
4	9,5	13,3	18,5	29	42,6	49,6	58,3
5	11,1	15,1	20,5	30	43,8	50,9	59,7
6	12,6	16,8	22,5	32	46,2	53,5	62,4
7	14,1	18,5	24,3	34	48,6	56,0	65,2
8	15,5	20,1	26,1	36	51,0	58,6	67,9
9	16,9	21,7	27,9	38	53,4	61,1	70,7
10	18,3	23,2	29,6	40	55,8	63,7	73,4
11	19,7	24,7	31,3	42	58,1	66,2	76,1
12	21,0	26,2	32,9	44	60,5	68,7	78,7
13	22,4	27,7	34,5	46	62,8	71,2	81,4
14	23,7	29,1	36,1	48	65,2	73,7	84,0
15	25,0	30,6	37,7	50	67,5	76,2	86,7
16	26,3	32,0	39,3	55	73,3	82,3	93,2
17	27,6	33,4	40,8	60	79,1	88,4	99,6
18	28,9	34,8	42,3	65	89,8	94,4	106,0
19	30,1	36,2	43,8	70	90,5	100,4	112,3
20	31,4	37,6	45,3	75	96,2	106,4	118,5
21	32,7	38,9	46,8	80	101,9	112,3	124,8
22	33,9	40,3	48,3	85	107,5	118,2	131,0
23	35,2	41,6	49,7	90	113,1	124,1	137,1
24	36,4	43,0	51,2	95	118,7	130,0	143,3
25	37,7	44,3	52,6	100	124,3	135,8	149,4