

МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

О.І. Щепотьєв, кандидат технічних наук
А.В. Жильцов, доктор технічних наук
*В.В. Васюк, аспірант**

Розглянуто питання достовірності результатів, отриманих на кожному з етапів проведення дослідження.

Достовірність, наукові дослідження, об'єкт дослідження, предмет дослідження, метод спостереження, порівняння, експеримент.

Наукове дослідження – це процес вироблення нових наукових знань, один із видів пізнавальної діяльності. Проведення наукових досліджень безумовно призводить до необхідності розв'язку питання про їх правдивість, тобто міру довіри до їх результатів, достовірність.

Мета досліджень – розкриття поняття достовірності наукових досліджень, встановлення методів доведення та шляхів забезпечення її на кожному з етапів наукових досліджень.

Матеріал і методика досліджень. *Достовірність досліджень* властивість – результатів досліджень об'єктивно відображати фактичну поведінку об'єкта досліджень.

Вона визначається великою кількістю чинників, які відображають фактичний стан об'єкта досліджень від їх початку до отримання результатів при проведенні як теоретичних, так і експериментальних досліджень.

Методи доведення достовірності можна об'єднати у три групи:

- аналітичні;
- експериментальні;
- підтвердження практикою.

Аналітичні методи є найбільш “потужними”, їх сутність – доведення результату (теореми, леми, формули, закони) через математичні перетворення. Ці методи використовуються після побудови математичної моделі явища, що досліджується.

Сутність експериментальних методів перевірки достовірності полягає у відтворенні на фізичній моделі досліджуваного явища і порівнянні теоретичних та експериментальних результатів.

Достовірність наукових результатів досліджень забезпечується:

- врахуванням об'ґрунтованої кількості чинників, що впливають на розв'язок наукового завдання;

*Науковий керівник – доктор технічних наук А.В. Жильцов

- використанням достовірних вихідних даних, що отримані за результатами теоретичних і експериментальних досліджень;
- обґрунтованим вибором основних допущень і обмежень при формулюванні постановок наукових завдань;
- використанням сучасного, апробованого науково-методичного (математичного) апарату;
- обґрунтованим коректним вибором використаних загальних і часткових показників і критеріїв, математичних моделей;

Достовірність наукових результатів досліджень підтверджується:

- збігом результатів теоретичних і експериментальних досліджень.
- результатами математичного, фізичного моделювання, даними експериментів, натуральних випробувань;
- високою схожістю отриманих теоретичних (аналітичних) результатів з експериментальними даними, із результатами натуральних випробувань та практичного втілення;
- схожістю результатів моделювання з наявними експериментальними даними;
- отриманням із розроблених загальних наукових результатів відомих часткових наукових результатів;
- результатами дослідно-конструктивних розробок, досвідом практичного втілення пропозицій;
- результатами експериментальних випробувань технічних і організаційних рішень, що пропонуються;
- наявністю ясного фізичного трактування отриманих результатів.

У цілому вона визначається достовірністю результатів, отриманих на кожному з етапів проведення дослідження. Будь-яке наукове дослідження можна зобразити у вигляді такої логічної схеми [4]:

- обґрунтування актуальності вибраної теми;
- постановка мети і конкретних завдань дослідження;
- визначення об'єкта і предмета дослідження;
- вибір методів (методики) проведення дослідження;
- опис процесу дослідження;
- формування результатів дослідження та їх обговорення;
- формування висновків і оцінка одержаних результатів.

Обґрунтування актуальності теми починається з висвітлення проблеми, тобто суперечливої ситуації в науці, котра потребує свого розв'язку [2].

Попереднє формування проблем починається з детального вивчення функціонування системи, інформаційних потоків, реєстрації симптомів у документальній формі.

Незалежно від характеру досліджень мета завжди належить до двох категорій – стабілізації і розвитку.

Мета стабілізації спрямована на збереження або підтримку наявних ресурсів (часу, енергії, обладнання) або станів, наприклад безпеки.

Отже, їх можна назвати входами рішення. Мета розвитку спрямована на придбання ресурсів або отримання станів, які необхідно досягнути. Власне кажучи, – це виходи розв'язку. Таким чином, мету досліджень завжди можна виразити через максимізацію різниці між виходом і входом, тобто прибутку в загальному вигляді.

Реалізація можливих рішень задач призводить до отримання різних результатів. Для порівняльної оцінки якості кожного з можливих рішень необхідно обґрунтувати вибір відповідних показників або критеріїв ефективності (критеріїв оптимальності).

Показник – якісна або кількісна характеристика, яка необхідна для оцінки окремої властивості або сукупності властивостей об'єкта.

Критерій – необхідна і (або) достатня ознака, на основі якої здійснюється оцінка (класифікація або вибір об'єкта за значеннями одного критеріального показника (простий критерій) або декількох показників (складний критерій)).

Наукова задача може бути сформульована так: при заданих значеннях і характеристиках фіксованих неконтрольованих факторів $A_1, \dots, A_p, Y_1, \dots, Y_q$ з урахуванням невизначених факторів Z_1, \dots, Z_r знайти оптимальне значення контрольованих факторів X_1, \dots, X_l з областей $\Omega_{x1}, \dots, \Omega_{xl}$ їх припустимих значень, які за можливістю забезпечують максимальне (мінімальне) значення показника (критерію) оптимальності F .

Якщо можливе застосування лише одного показника (критерію) задача має назву однокритеріальної або одноцільової. В інших випадках мають місце багатокритеріальні (багатоцільові) задачі. Критерії оптимальності часто мають назву критеріальної або цільової функції. При виборі доцільного методу розв'язку задач використовують окремі класифікаційні ознаки:

- кількість цілей, які переслідуються при рішенні задач, і відповідних критеріїв оптимізації;
- наявність або відсутність залежності критерію оптимальності і дисциплінуючих умов від часу;
- наявність випадкових та невизначених факторів, які впливають на результат розв'язку (ознака “визначеність-ризик-невизначеність”).

За *першою класифікаційною ознакою* задачі розподіляються на два великих класи: одноцільові (однокритеріальні) та багатоцільові (багатокритеріальні) задачі.

За *другою класифікаційною ознакою* задачі розподіляються на статичні і динамічні. В статичних задачах критеріальна функція і функції обмежень не залежать від часу. В динамічних задачах, з одного боку, як критерій оптимальності звичайно є не функція, а функціонал часу, який описує поведінку деяких динамічних об'єктів. З іншого боку у складі дисциплінуючих умов присутні диференційні зв'язки як функції поведінки динамічних об'єктів у часі.

За *третьою класифікаційною ознакою* задачі розподіляються на три великі класи:

- визначення рішень в умовах визначеності, тобто детерміновані задачі;
- визначення рішень при ризику, тобто стохастичні задачі;
- визначення рішень в умовах невизначеності.

У першому випадку існує однозначний детермінований зв'язок між прийнятим розв'язком та його результатом. При цьому критерій оптимальності і дисциплінуючі умови залежні лише від фіксованих детермінованих факторів, що не контролюються, але повністю відомі оператору.

У випадку ризику (стохастичні задачі) кожний розв'язок може призвести до одного з множини можливих результатів з визначеною ймовірністю, які відомі заздалегідь.

Для обґрунтування кількісних методів проведення досліджень завжди треба будувати модель об'єкта. Звичайно застосовують моделі трьох типів: зображувальні (моделі геометричної подібності), аналогові і символічні (математичні).

У *зображувальних моделях* суттєві властивості оригінала наведені самими цими властивостями, як правило, лише в іншому масштабі.

В *аналогових моделях* набір одних властивостей застосовують для відображення цілковито інших властивостей.

У *символічних моделях* відображення змінних та співвідношення між ними здійснюється за допомогою літер, чисел та інших знаків (символів). Такі моделі мають вигляд математичних виразів (рівнянь або нерівнянь), які описують структури об'єктів, що моделюються.

Залежно від складності системи застосовують різні принципи побудови моделей: безпосередній аналіз функціонування системи, використання аналога, аналіз даних, експеримент на системі, застосування «штучної дійсності».

Для здійснення багатостороннього опису об'єкта дослідження необхідно виконати процедури фіксації його предметних сторін і синтезу цих сторін в єдине зображення об'єкта досліджень.

Об'єкт дослідження являє собою предметну галузь (предмет) науки або деяку частину предметної галузі, це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію та обраний для вивчення.

Предмет дослідження – це сторона об'єкта, яка розглядається у дослідженні, він міститься в межах об'єкта. Об'єкт і предмет дослідження, як категорії наукового процесу, співвідносяться між собою як загальне і часткове. Багатосторонній опис об'єкта дослідження дозволяє не тільки визначити місце і роль предмета дослідження в об'єкті дослідження, а встановити взаємозв'язки з іншими сторонами цього об'єкта як цілого.

Метод – сукупність прийомів або операцій практичного або теоретичного освоєння дійсності, підпорядкованих вирішенню конкретної задачі. При цьому здійснюється порівняльна оцінка існуючих методів, які можна застосувати для проведення досліджень в умовах, що розгляда-

ються з урахуванням нових (додаткових) факторів і показників (критеріїв).

До методів теоретичного дослідження [3] належать абстрагування, аналіз і синтез, індукція і дедукція, моделювання, системний підхід, декомпозиція, історичний метод, метод аналітичних досліджень (лінійне програмування, динамічне програмування, аналіз вхідних і вихідних сигналів, статистика і теорія ймовірностей, теорія масового обслуговування, теорія ігор, теорія Монте-Карло тощо). До методів емпіричного дослідження – спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент.

Спостереження – це систематичне цілеспрямоване вивчення об'єкта досліджень. Як метод пізнання воно дає змогу отримати керівну інформацію у вигляді сукупності емпіричних тверджень. При застосуванні методу спостереження визначається вихідний об'єкт наукового дослідження.

Порівняння – це процес встановлення подібності або відмінностей предметів та явищ дійсності. При цьому можливо знайти загальні відмінності, що притаманні двом або декільком об'єктам. Порівняння може здійснюватися безпосередньо або опосередковано через оцінки з будь-яким іншим об'єктом (еталоном). У першому випадку, звичайно, отримують якісні результати (більше – менше, вище – нижче), у другому є можливість одержати кількісні характеристики.

Вимірювання – це визначення числового значення певної величини за допомогою одиниці виміру. Воно передбачає наявність об'єкта вимірювання, еталона, вимірювальних приладів, методу вимірювання.

Експеримент – це метод вивчення об'єкта, за яким дослідник активно і цілеспрямовано впливає на нього, завдяки створенню штучних умов або використанню природних умов, необхідних для виявлення відповідних властивостей.

Для забезпечення достовірності [5] результатів експерименту необхідно вирішувати ряд важливих питань:

- встановлення кількості об'єктів випробувань;
- встановлення тривалості проведення експерименту;
- встановлення умов проведення експерименту;
- встановлення обсягу, змісту і плану проведення експерименту;
- визначення показників оцінки результатів експерименту;
- визначення показників схожості результатів експерименту і теоретичних досліджень;
- розробка комплексу заходів щодо удосконалення об'єкта досліджень та ін.

Мірою достовірності є ймовірність того, що висновок про стан системи (виробу), після проведення контролю, буде вірним. Вона складається з методичної та інструментальної достовірності. Методична достовірність, в основному, залежить від повноти контролю і надійності об'єкта контролю. Повнота контролю – складова методичної достовірності, яка характеризується можливістю вияву відмов у цьому виробі при вибраному методі контролю його технічного стану. Величина повноти

контролю може бути визначена як відношення кількості інформації In_k , яку отримують у результаті контролю n_k параметрів, до апіорної ентропії об'єкта контролю $H_0(M)$.

$$H_0(M_H) = - \prod_{i \in M_H} P_i \log_2 \prod_{i \in M_H} P_i - \left(1 - \prod_{i \in M_H} P_i \right) \log_2 \left(1 - \prod_{i \in M_H} P_i \right) \quad (1)$$

H_0 – ентропія множини M_H функціональних елементів об'єкта, які не охоплені контролем n_k параметрів; P_i – ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента.

Інструментальна достовірність залежить від похибок (точності) вимірювань параметрів і відображає ступінь об'єктивності відображення результатами вимірювань параметрів дійсного технічного стану виробу.

Внаслідок похибок вимірювального засобу отримання результату контролю «у нормі» можливе у випадку, коли дійсне значення параметра знаходиться «у нормі» (подія X, X^*), а також у випадку, коли дійсне значення параметра знаходиться «не у нормі» (подія \bar{X}, \bar{X}^*).

Аналогічно отримання результату контролю «не у нормі» можливе при здійсненні події \bar{X}, \bar{X}^* або події X, X^* .

Тому можна записати:

$$P(X, X^*) + P(\bar{X}, X^*) + P(\bar{X}, \bar{X}^*) + P(X, \bar{X}^*) = 1, \quad (2)$$

де $P(X, X^*)$ – ймовірність правильного висновку про працездатність системи за результатами контролю; $P(\bar{X}, X^*)$ – ймовірність «пропуску» відмови (помилка «першого роду»); $P(X, \bar{X}^*)$ – ймовірність фальшивої відмови (помилка «другого роду»); $P(\bar{X}, \bar{X}^*)$ – ймовірність правильного висновку про непрацездатність системи.

За результатами вимірювання значень параметра під час контролю можливі значні коливання результатів. У цьому випадку здійснюється апроксимація з використанням таких методів: метод вибраних точок, метод середніх, метод найменших квадратів.

Якщо на основі статистичного матеріалу необхідно перевірити гіпотезу про причетність випадкової величини (наприклад часу безвідмовної роботи двигуна) будь-якому визначеному закону розподілу, використовують міру розбіжностей, яка характеризує ступінь розбіжності між значеннями теоретичного і статистичного розподілів. На практиці найчастіше використовують критерії згоди Пірсона «критерій χ^2 » і критерії Колмогорова.

Для забезпечення достовірності необхідно обґрунтування і доказ правильності кожного розділу методики досліджень.

Методика – послідовний обґрунтований опис способу цілеспрямованого впливу на об'єкт досліджень для отримання бажаного результату [5]. До основних елементів методики дослідження належать: склад

показників і критеріїв для розв'язку наукової задачі, що розглядається, методи отримання значень показників, які розглядаються, і перевірки критеріїв, методи отримання вихідних даних для дослідження технічної реалізації, моделювання і розрахунків, обробки та подання отриманих результатів, а також методи експериментальної перевірки результатів досліджень [1].

З метою конкретизації кожного елемента методики і визначення послідовності дій для одержання бажаного результату розробляється алгоритм цілеспрямованого впливу на дослідження.

Алгоритм – суворо визначена цілеспрямована послідовність правил, виконання яких забезпечує розв'язок усіх задач цього класу.

Оцінка наукових результатів дослідження включає аналіз предмета досліджень за допомогою вибраної методики, обґрунтування (синтез) на базі результатів проведеного аналізу практичних висновків і рекомендацій, методику і результати експериментальної перевірки висновків і рекомендацій, оцінку ефективності об'єкта досліджень із застосуванням розроблених методів. Для перевірки достовірності результатів здійснюється:

- оцінка вихідної точності застосованого наукового методу;
- оцінка введених припущень і обмежень при розробці (виборі) моделі, методики алгоритму;
- оцінка похибок обчислень при реалізації розробленого алгоритму;
- порівняння отриманого розв'язку з результатами, які отримані за альтернативними методиками, алгоритмами;
- порівняння отриманого розв'язку з відомими науковими результатами, які описані в науковій літературі.

Заключним етапом наукового дослідження є висновки, котрі містять те нове і суттєве, що становить наукові і практичні результати досліджень.

Науковий результат – це знання, відповідне вимогам новизни, достовірності та практичної цінності. Наукові результати поділяють на два види: теоретико-методологічні (методики, методи, інші елементи науково-методичного апарату) і фактографічні (наукові факти, наукові рекомендації, наукові висновки). Найкращою формою наукового результату є закон або закономірність.

Обґрунтування висновків і оцінка одержаних наукових результатів включає: аналіз предмета дослідження з використанням вибраної методики дослідження, обґрунтування практичних висновків і рекомендацій, аналіз значимості і новизни висновків і рекомендацій, оцінку повноти розв'язку поставлених задач, оцінку достовірності одержаних результатів, їх порівняння з аналогічними результатами вітчизняних праць, обґрунтування потреби додаткових досліджень, оцінку ефективності запропонованих нових рекомендацій.

Результати досліджень. Отриманий новий науковий результат повинен відповідати вимогам наявності новизни, наявності дійсно науко-

вої значимості, а також нетривіальності, тобто можливості отримання такого результату з використанням відомого науково-методичного апарату. Наукова новизна результатів формується у вигляді короткої анотації щодо нового вкладу в дослідження відповідного наукового завдання. При цьому необхідно показати їх відмінність від відомих наукових результатів, а також описати ступінь новизни. Достовірність наукової новизни може бути підтверджена відомостями про те, що на ідеї, які висунуті автором, отримані авторські свідоцтва або патенти. Це підтверджує несумлінну світову новизну відповідних пропозицій автора, яка офіційно зафіксована державною патентною експертизою.

При розкритті наявності наукової значимості роботи слід розділяти результати, які є вкладом в науку і практику, і результати, які є вкладом в практику. Перші з них орієнтовані на застосування результату дослідниками і практиками, другі – на застосування тільки практиками.

Вимога нетривіальності нового наукового результату потребує здійснення складного процесу творчого наукового дослідження, яке пов'язано з подоланням стереотипів, що склалися, з відмовою від звичних схем і понять, які перешкоджають досягненню поставленої наукової задачі. При проведенні такого пошукового дослідження сукупність вибраних і запропонованих автором елементів науково-методичного апарату в їх логічному взаємозв'язку і взаємообумовленості визначає вигляд окремого наукового методу як інструмента для виконання дослідження, а конкретний спосіб проведення дослідження виявляється у тій чи іншій методиці.

Висновки

Усі нові положення, висновки, рекомендації, виведені в розділах і роботі в цілому, повинні бути обґрунтованими та достовірними. Це великою мірою визначається вибраним математичним апаратом.

Список літератури

1. Іноземцев Г.Б., Основи наукових досліджень електрифікованих технологій в аграрному виробництві. / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський. – К. : ЦТІ "Енергетика і електрифікація", 2003. - 160 с.
2. Канарёв Ф.М. История научного поиска и его результаты / Ф.М. Канарёв. – М. : Краснодар, 2008. – 524 с.
3. Кэмпбелл Д. Эксперименты и квазиэксперименты / Д. Кэмпбелл. – М. : Прогресс, 1980. – 191 с.
4. Рекомендації щодо підготовки і оформлення дисертації та автореферату : метод. посіб. / під заг. ред. В. Б. Толубка. – К. : НАОУ, 2002. – 104 с.
5. Рузавин Г.И. Методология научного исследования / Г.И. Рузавин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 317 с.

Рассмотрены вопросы достоверности результатов, полученных на каждом этапе проведения исследования.

Достоверность, научные исследования, объект исследования, предмет исследования, метод наблюдения, сравнение, эксперимент.