



СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет економіки і управління

Є. Овчаренко

МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ

Електронний навчальний посібник

Київ 2023



УДК 338.27:005.521(075.8)
О-35

Рекомендовано до друку
вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля
(протокол № 5 від 28.12.2023 року)

Рецензенти:

Калашнікова Світлана, доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, радник при дирекції, Інститут вищої освіти Національної академії педагогічних наук України.

Хандій Олена, доктор економічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу економічних проблем соціальної політики Інституту економіки промисловості Національної академії наук України.

Овчаренко Є.

О-35 **Методи прогнозування** : Електрон. навч. посіб. / Є. Овчаренко ; Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, Ф-т економіки і управління. – Київ : [Вид-во Східноукр. нац. ун-та ім. В. Даля], 2023. – 126 с.

ISBN 978-617-11-0252-1

Навчальний посібник "Методи прогнозування" створений для систематизації та передачі знань щодо різноманітних методів та підходів у галузі прогнозування. Посібник розглядає теоретичні аспекти різних методів прогнозування для розуміння основних прогностичних концепцій та практичні аспекти застосування різних методів у реальних сценаріях для ефективного використання цих методів у практичній діяльності. Загальна мета посібника – формування у здобувачів освіти комплексного розуміння методів прогнозування, а також розвиток їхніх навичок застосування цих методів у реальних умовах.

Посібник включає в себе розділи, присвячені: основним поняттям прогнозування; первинному аналізу даних та ідентифікації наявності тренду; формалізованим та експертним методам прогнозування; оцінці якості прогнозів. Кожен розділ містить огляд основних підходів, їхні переваги та обмеження, а також приклади використання.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, що навчаються за освітньою програмою "Менеджмент".

УДК 338.27:005.521(075.8)

Посібник підготовлено у рамках виконання Проекту "Відродження переміщених університетів: посилення конкурентоспроможності, підтримка громад" / "Reinventing displaced universities: enhancing competitiveness, serving communities" (REDU) (2020-2024 роки).

Публікація підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. Її зміст є виключною відповідальністю автора Є. Овчаренка, Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу.

This publication was produced with the financial support of the European Union. Its contents are the sole responsibility of Ievgen Ovcharenko, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University and do not necessarily reflect the views of the European Union.

© Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля, 2023

© Овчаренко Є., 2023

ISBN 978-617-11-0252-1

ЗМІСТ

Тема 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРОГНОЗУВАННЯ.....	4
1.1. Поняття економічної прогностики	4
1.2. Сутність, предмет і об'єкт економічного прогнозування	6
1.3. Принципи і функції економічного прогнозування	9
1.4. Класифікація прогнозів	11
1.5. Класифікація методів прогнозування	14
1.6. Експертні методи прогнозування.....	17
1.7. Фактографічні методи	18
1.8. Методологічні підходи до вибору методу прогнозування.....	21
Тема 2. ПЕРВИННИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ НАЯВНОСТІ ТРЕНДУ.....	25
2.1. Види і класифікація прогнозованої інформації.....	25
2.2. Часові ряди та ідентифікація наявності тренду.....	28
Тема 3. ФОРМАЛІЗОВАНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ.....	47
3.1. Особливості та основні етапи реалізації формалізованих методів прогнозування	47
3.2. Методи простої екстраполяції.....	49
3.3. Методи складної екстраполяції	52
3.4. Множинна регресія	60
3.5. Корисні Інтернет-ресурси	66
Тема 4. ЕКСПЕРТНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ.....	75
4.1. Сутність і різновиди експертних методів.....	75
4.2. Організація і проведення експертного опитування	82
4.3. Методи надання кількісних або якісних оцінок експертами	88
4.4. Корисні Інтернет-ресурси.	97
Тема 5. ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРОГНОЗІВ.....	106
5.1. Загальна термінологія оцінки якості прогнозів.....	106
5.2. Оцінювання адекватності прогнозованої моделі	109
ДОДАТКИ	123

Тема 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРОГНОЗУВАННЯ



Ключові слова

Прогноз, план, гіпотеза, методи прогнозування, об'єкт прогнозування, тренд, тенденція, часовий ряд, база часового ряду, рівні часового ряду, період упередження, помилка прогнозу. Наукові засади представлення даних та ідентифікації рядів для економічного прогнозування. Система індикаторів попереднього оцінювання якості прогнозу. Особливості зарубіжного досвіду використання методів прогнозування для економічного програмування.



Поняття та його визначення

Наука про принципи, методи і засоби (інструменти) наукового прогнозування називається прогностикою (футурологією).

Під прогнозом розуміється емпіричне або науково обґрунтоване уявлення про можливі стани об'єкту прогнозування в майбутньому.

Процес розробки прогнозів є прогнозуванням.

Час упередження прогнозу - часовий проміжок, на який розповсюджуються зроблені в прогнозі передбачення.



Основні теоретичні положення

1.1. Поняття економічної прогностики

За всі часи людство завжди намагалося передбачити майбутні події, щоб приготуватися до можливих наслідків, прийняти розумні рішення, які допоможуть уникнути негативних наслідків і максимально використати позитивні наслідки. Також люди старалися змінити майбутнє, яке очікується, на краще, наскільки це можливо. Незалежно від своїх бажань, кожна людина підсвідомо або свідомо прогнозує наслідки своїх вчинків.

На ранніх стадіях розвитку людського суспільства прогнозами займалися окремі особи або група осіб, звичайно обраних, які складали його еліту (жерці, шамани тощо). Найбільш відома з історії стародавнього миру група жерців з храму в Дельфах, звана "дельфійський оракул". З часом до процесу передбачення подій залучалася все більша кількість людей. Ускладнення суспільного життя, бурхливий розвиток продуктивних сил, збільшення взаємозалежності економіки і політики різних країн все більше ускладнювали процес передбачення і підсилювали необхідність у надійних прогнозах. В самих розвинутих країнах почали формуватися інститути прогнозування. Поступово прогнозування стало спеціальністю, виникла нова галузь науки зі своєю специфічною методологією.



Наука про принципи, методи і засоби (інструменти) наукового прогнозування називається прогностикою (футурологією).

В економічній прогностиці вивчаються специфічні підходи і методи економічного прогнозування. Основними проблемами цієї науки є значні складнощі в методологічному підході до об'єктів прогнозу. Необхідність у структуризації визначається:

- аналізом і синтезом об'єкту прогнозу;
- адаптацією методів прогнозування до об'єкту прогнозу;
- алгоритмізацією процесу виробництва прогнозів.

В арсеналі інструментів економічної прогностики важлива роль належить кількісним методам обробки прогностичної інформації:

- статистичної екстраполяції;
- економіко-математичним методам;
- економіко-математичному моделюванню тощо.

Методологія економічного прогнозування досліджує майбутнє в онтологічному, логічному і гносеологічному напрямках.

Термін	Сутність	Особливість
Онтологія	це філософське вчення розглядає загальні категорії та закони, які притаманні буттю, існують разом з теорією пізнання і логікою	показує, як народжується і формується майбутнє, характеризує його загальну картину і чинники, що на нього впливають
Логіка	наука, що досліджує закони і структури мислення, базуючись на висновках та виявленні внутрішніх закономірностей	прогноз досліджується як загальнонаукове поняття, сформульоване для з'ясування об'єктивного змісту процесів і результатів прогнозування
Гносеологія	це філософська теорія пізнання	мета полягає у розумінні, як майбутнє відображається в свідомості людей, якими способами цей відбиток виявляється і яка його реальність. Прогноз, як форма пізнання, є способом відображення закономірностей і потенційних шляхів розвитку передбачуваних процесів і явищ з гносеологічної точки зору

Відповідно, проблема наукового передбачення включає два аспекти: теоретично-пізнавальний аспект, який вивчає прогнози як функцію законів і наукової теорії, а також практичний аспект, який проявляється у прямому зв'язку прогнозування з плануванням і управлінням.

Структурна схема будови прогностики приведена на рис. 1.1.

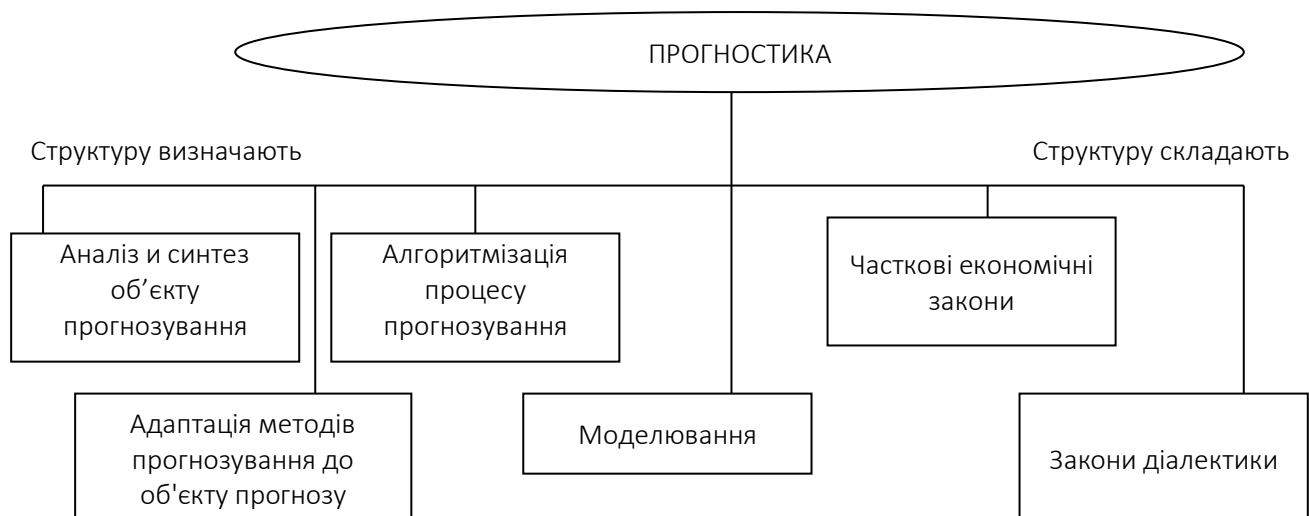


Рис. 1.1. Основи структурної будови прогностики

У економічному прогнозуванні велику роль відіграють закони розвитку, функціонування і структури явища. Ця група законів є основою для прогнозування майже всіх економічних явищ. Вони мають не лише методологічне значення, але й є безпосередніми інструментами у складанні прогнозів. Детальний аналіз їхньої взаємодії є необхідним для визначення майбутнього стану прогнозованого об'єкта, який розглядається як система. Це обумовлено тим, що ці закони характеризують різні аспекти протиріччя, що існує в досліджуваному об'єкті.

У процесі розробки економічних прогнозів практика використовується як критерій перевірки правильності на всіх етапах прогнозування: вибір методів прогнозування, збір початкової інформації про прогнозований об'єкт, здійснення прогнозу та його подальша перевірка.

Логічні критерії розглядаються як окремі аспекти практичного критерію. В процесі прогнозування обидва типи критеріїв використовуються разом. Це обумовлено тим, що практика як критерій істинності є не лише абсолютним, але й відносним, і вимагає додаткових критеріїв.

Непрямі критерії включають широкий спектр діалектично-логічних засобів пізнання, таких як система категорій, закони і принципи діалектики. Формально-логічні критерії відіграють важливу роль серед цих критеріїв: принцип верифікованості прогнозів, принцип відповідності і логічної несуперечності результатів тощо.

З метою конкретизації понятійно-категорійного апарату пропонуються наступні визначення приведених вище понять:

категорія — загальне поняття, що відображає найістотніші зв'язки і відносини реальної дійсності та пізнання.

закон — істотні і стійкі взаємозв'язки між явищами і процесами, що повторюються та визначають характер і загальний напрям розвитку чого-небудь;

принцип — основне початкове положення теорії, навчання, світогляду тощо;

критерії — об'єктивна або суб'єктивна оцінка, вибрана у вигляді мірила думки.

При прогнозуванні економічних явищ важливо враховувати, що на одне і те ж явище можуть впливати не лише один, але багато законів, які відрізняються за різними ознаками і не змінюються протягом періоду передбачення. Визначення цих параметрів ґрунтується на дії загальних законів. Що стосується специфічних законів, вони створюють умови для вироблення висновків про можливі якісні зміни окремих аспектів передбачуваних процесів.

1.2. Сутність, предмет і об'єкт економічного прогнозування

Макроекономічна прогностика досліджує систему прогнозування соціально-економічної системи (СЕС) країни, або систему соціально-економічного прогнозування. Система прогнозування СЕС включає методологію, організацію та розробку прогнозів, що забезпечують їхню узгодженість, спадкоємність та безперервність.

Ефективне управління соціально-економічною системою неможливе без якісного прогнозування основних тенденцій суспільного та економічного розвитку. Прогнозування є невід'ємною складовою системи державного регулювання національної економіки, яка має вирішальне значення.



Під прогнозом розуміється емпіричне або науково обґрунтоване уявлення про можливі стани об'єкту прогнозування в майбутньому.



Процес розробки прогнозів є прогнозуванням.



Під часом упередження прогнозу розумітимемо часовий проміжок, на який розповсюджуються зроблені в прогнозі передбачення.

Процес прогнозування включає застосування конкретного методу та використання відповідного набору інструментів для обробки наявної інформації. Ця інформація включає дані про стан досліджуваного об'єкту, закономірності його минулих змін, а також конкретні умови його функціонування в даний момент. Завдяки цій обробці інформації створюється система уявлень про майбутній стан або поведінку об'єкту.

У соціально-економічних прогнозах основою є розуміння конкретних факторів, що визначають розвиток соціально-економічних процесів, а також кількісних залежностей між цими факторами та показниками економічного розвитку.

Прогноз, будуючись на наукових уявленнях про стан і розвиток об'єкту, має характер вірогідності, але його достовірність є достатньою. Розробники прогнозу розглядають його як очікуваний та вірогідний стан об'єкту в майбутньому. Важко переоцінити значення прогнозів для управління соціально-економічними процесами, оскільки кожне управлінське рішення має прогнозний характер.

Прогнозування включає формування можливої мети розвитку на рівнях загальнонаціонального, галузевого та регіонального управління. Державні організації різного рівня, такі як Національний банк, спеціалізовані комерційні фірми, приватні промислові, банківські, страхові та торгові корпорації, займаються прогнозуванням. Галузеві та регіональні прогнози враховують результати прогнозних досліджень, проведених приватними організаціями та корпораціями.

Структурна схема закономірностей економічних явищ приведена на рис. 1.2.

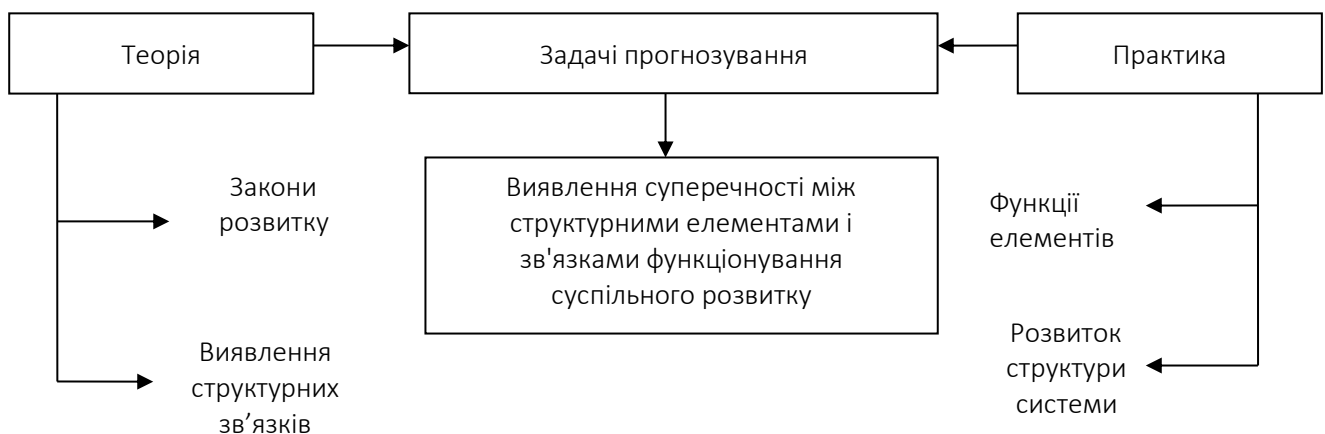


Рис. 1.2. Закономірності економічних явищ

У сучасному суспільстві, де соціально-економічні, політичні і екологічні проблеми стають все складнішими, прогнозні дослідження відіграють все більш важливу роль. Проте, разом з цим зростає ступінь невизначеності прогнозів. Умови нестабільності і невизначеності, які характеризують українську економіку в період трансформації, підсилюють значення прогнозів ще більше.

Прогнозування виступає як важлива зв'язка між теорією і практикою в усіх сферах суспільного життя. Воно має дві різні площини конкретизації, що означає, що воно використовується як інструмент для уточнення теоретичних уявлень і перетворення їх на конкретні прогнози:

- передбачаючу (дескриптивну, описову),
- предвказівну (прескредитивну, предписуючу).



Передбачення припускає опис можливих або бажаних перспектив, станів, рішень проблем майбутнього.



Предвказівка є власне рішення цих проблем, використання інформації про майбутнє в цілеспрямованій діяльності.

Таким чином, в прогнозуванні розрізняють два аспекти: теоретико-пізнавальний і управлінський, пов'язаний з можливістю ухвалення на основі отриманого знання управлінських рішень.

Одним з важливих напрямів прогнозування суспільного розвитку є економічне прогнозування — наукова дисципліна, що має об'єктом дослідження соціально-економічну систему, а предметом — пізнання можливих станів функціонуючих економічних об'єктів у майбутньому, дослідження закономірностей і способів розробки економічних прогнозів.

Практика виконує роль критерію істини у прогностичному пізнанні через наукову достовірність прогнозу на основі законів науки. З цим способом перевірки істинності прогнозів тісно зв'язані такі форми перевірки всіх видів знання, як логічна довідність, чуттєва достовірність, експеримент і інтуїтивна оцінка. З них для економічного прогнозування особливо важливі логічна довідність, експеримент і інтуїція.

Цінність економічних прогнозів визначається не лише важливістю прогнозованого явища для суспільства, але й рівнем їхньої точності і повноти. Поняття точності і повноти відображають якісний і кількісний характер прогнозованого об'єкту. Проте вони не є абсолютними, але залежать від особливостей самого об'єкта прогнозування. У деяких випадках достатньо знати загальну тенденцію майбутнього розвитку, а в інших потрібна детальна оцінка його кількісних параметрів. Основним вимогам відповідності точності і повноти прогнозу є відповідність прогнозу меті прогнозування.

Прогнозування, включаючи економічне прогнозування, пов'язується з більш широким поняттям - передбаченням, яке передбачає випереджаюче відображення реальності на основі пізнання природних, соціальних та когнітивних закономірностей.

Залежно від ступеня конкретності і характеру впливу на досліджувані процеси виділяються три форми передбачення: гіпотеза (загальнонаукове передбачення), прогноз і план.

Гіпотеза характеризує наукове передбачення на рівні загальної теорії.

Це означає, що початкову базу побудови гіпотези складають теорія і відкриті на її основі закономірності і причинно-наслідкові зв'язки функціонування і розвитку досліджуваних об'єктів. На рівні гіпотези дається якісна характеристика цих об'єктів, що виражає загальні закономірності їх поведінки.

Прогноз порівняно з гіпотезою має значно більшу визначеність, оскільки ґрунтується не тільки на якісних, але і кількісних параметрах, і тому дозволяє характеризувати майбутній стан об'єкту також кількісно. Прогноз виражає передбачення на рівні конкретно-прикладної теорії. Таким чином, він відрізняється від гіпотези меншим ступенем невизначеності і більшою достовірністю. У той же час, зв'язки прогнозу з досліджуваним об'єктом, явищем не вважаються жорсткими, однозначними: прогноз має імовірнісний характер.

План є постановкою певної мети (в деяких випадках, декількох певних цілей) і передбаченням конкретних, детальних подій досліджуваного об'єкту. У плані фіксуються шляхи і засоби розвитку відповідно до поставленої мети і задач, обґрунтовуються ухвалені управлінські рішення. Його головна відмінна риса — визначеність завдань. Таким чином, у плані передбачення одержує найбільшу конкретність і визначеність. Як і прогноз, план ґрунтується на результатах і досягненнях конкретно-прикладної теорії.

Форми передбачення тісно зв'язані в своїх проявах одна з одною і з досліджуваним об'єктом в системі управління і планування, є послідовними в своїй конкретності ступенями пізнання поведінки об'єкту в майбутньому. Початок цього процесу — загальнонаукове передбачення станів об'єкту, завершальний етап — складання плану переведення об'єкту в новий заданий для нього стан. Найважливішим засобом для цього служить прогноз, як зв'язуюча ланка між загальнонауковим передбаченням і планом.

План і прогноз є важливими етапами у процесі програмування, де план відіграє ключову роль як основний інструмент управління національною економікою. Прогноз, у свою чергу, слугує орієнтиром для поточного стану економічної системи та її можливого розвитку в майбутньому, а прогнозування допомагає виправити помилки управління. Форми поєднання прогнозу і плану можуть бути різними: прогноз може передувати розробці плану (зазвичай), йти після нього (прогнозування наслідків прийнятих рішень у плані) або проводитися паралельно з розробкою плану.

1.3. Принципи і функції економічного прогнозування

У сучасному економічному прогнозуванні вже вироблений ряд важливих основоположних принципів, на основі яких формується весь комплекс виконуваних прогностичних операцій. До таких принципів віднесено:

Принцип системності, який припускає розгляд об'єктів прогнозування як системи взаємозв'язаних і супідрядних характеристик, що взаємодіють з прогнозним фоном.



Прогнозним фоном є сукупність, за відношенням до об'єкту прогнозування умов, що мають істотне значення для вирішення задач прогнозування.

Як правило, основними компонентами прогнозного фону виступають прогнози фундаментальних напрямів розвитку об'єкту прогнозування (розвиток науки і техніки, технології виробництва, підприємств галузі і країни).

Системність прогнозування припускає певну черговість використання моделей для формування комплексного прогнозу економічного розвитку країни.

Проте, побудувати цілісну систему моделей економічного прогнозування на даному етапі практично неможливо, оскільки це пов'язано з декількома труднощами методологічного характеру. Рішення цієї задачі може бути досягнуте на основі уніфікації блокових моделей, обчислювальних способів рішення, створення інформаційного банку даних. Специфіка ж окремих економічних об'єктів може бути адекватно виражена лише при максимальному наближенні до внутрішніх особливостей окремих блоків прогнозування. У зв'язку з цим, найраціональнішим представляється використання блокового принципу формування комплексного прогнозу економічного розвитку країни.

Принцип наукової обґрунтованості означає, що в економічних прогнозах всіх рівнів усестороннє врахування об'єктивних законів економічного розвитку повинне базуватися на глибокому вивченні досягнень вітчизняного і зарубіжного досвіду формування прогнозів. Наукова обґрунтованість економічного прогнозування несумісна з ігноруванням реальних умов і досвіду прогнозування.

Принцип узгодженості припускає необхідну ув'язку (за ступенем комплексності, періоду упередження, а також іншим параметрам) економічних прогнозів, що розробляються, як між собою, так і з прогнозами розвитку галузі в цілому, а також суміжних галузей.

Принцип адекватності прогнозу об'єктивним закономірностям характеризує не тільки процес виявлення, але і оцінку стійких тенденцій і взаємозв'язків, наприклад, в розвитку економіки і створення теоретичного аналога реальних економічних процесів з їх повною і точною імітацією. При цьому під теоретичною моделлю аналізу і прогнозу розвитку економіки, розуміється практично реалізовувана модель, що є формою наукового відображення реальної дійсності.

Реалізація принципу адекватності припускає врахування вірогідності, стохастичного характеру реальних процесів, що означає необхідність оцінки відхилень, що склалися, і таких, які можуть мати місце, пануючих тенденцій, визначення можливої області їхньої розбіжності, тобто оцінку вірогідності реалізації виявленої тенденції.

Формування економічних прогнозів в даному випадку припускає апробацію методів і моделей прогнозування з погляду їхньої здатності імітувати тенденції, що вже склалися. Перш ніж стати інструментом передбачення, методи і моделі, що використовуються при розробці прогнозів, повинні стати інструментом пізнання. Тому для виконання цієї вимоги необхідні численні експериментальні розрахунки, що забезпечують постійну відповідність теоретичних положень, що використовуються, системи показників, математичних моделей, початкової інформації, обчислювальних методів змісту аналізованих процесів.

Принцип безперервності передбачає періодичне коректування прогнозів за мірою надходження нових даних про об'єкти прогнозування і прогнозний фон.

Принцип варіантності (альтернативності) – припускає одночасний розгляд декількох найвірогідніших альтернативних шляхів розвитку прогнозованого об'єкту на основі аналізу економічної інформації і вивчення варіантів прогнозного фону.

Характер вірогідності прогнозування відображає наявність випадкових процесів і відхилень при збереженні якісної однорідності, стійкості прогнозованих тенденцій. Альтернативність же виходить з припущення про можливість якісно різних варіантів розвитку економіки.

Принцип верифікованості припускає визначення достовірності, точності і обґрунтованості прогнозів як безпосередньо в процесі прогнозних досліджень, так і після закінчення відрізка часу, на який розроблявся прогноз.

Основними функціями економічного прогнозування є:

- науковий аналіз економічних, соціальних, науково-технічних процесів і тенденцій;

Науковий аналіз економічних, соціальних і науково-технічних процесів і тенденцій здійснюється за трьома стадіями: ретроспекція, діагноз і проспекція.



Під ретроспекцією розуміється етап прогнозування, на якому досліджується історія розвитку об'єкту прогнозування для отримання його систематизованого опису.

На цій стадії відбувається збір, зберігання і обробка інформації, джерел необхідних для прогнозування.



Діагноз є етапом прогнозування, на якому досліджується систематизований опис об'єкту прогнозування з метою виявлення тенденції його розвитку і вибору моделей і методів прогнозування.

На цій стадії проводиться аналіз об'єкту прогнозування, який лежить в основі прогнозованої моделі. В цьому випадку проводиться первинний опис об'єкту, формування завдання на прогноз, підготовка стадії ретроспекції. На стадії діагнозу аналіз об'єкту прогнозування, як правило, закінчується не тільки розробкою моделі прогнозування, але і вибором адекватного методу прогнозування.



Проспекція є етапом прогнозування, на якому, за даними діагнозу, розробляються прогнози щодо об'єкту прогнозування, проводиться оцінка достовірності, точності або обґрунтованості прогнозу (верифікація), а також реалізація мети прогнозу шляхом об'єднання конкретних прогнозів на основі принципів прогнозування (синтез).

На стадії проспекції виявляється інформація, якої бракує, про об'єкт прогнозування, уточняється раніше отримана, вносяться корективи в модель прогнозованого об'єкту відповідно до інформації, що надійшла знов.

В результаті наукового аналізу економічних процесів і тенденцій розвитку економіки визначається: наскільки ухвалені рішення відповідають майбутньому розвитку, виявляються невідповідності в економіці, досягнутий в країні рівень порівнюється з світовим.

- *дослідження об'єктивних зв'язків соціально-економічних явищ розвитку економіки в конкретних умовах в певному періоді;*

Найважливішою методологічною передумовою наукового прогнозування є вчення про об'єктивний характер економічних законів, які є віддзеркаленням істотних причинно-наслідкових зв'язків явищ, що виражають їх повторюваність у визначених умови. Але разом з тим, при прогнозуванні необхідно враховувати і невизначеність, обумовлену дією вірогідності економічних законів, неповнотою їхнього знання, наявністю суб'єктивного чинника при ухваленні рішень, неповнотою і недостатньою надійністю інформації.

- *оцінка об'єкту прогнозування;*

Оцінка об'єкту прогнозування базується на поєднанні аспектів детермінованості і невизначеності. За відсутності одного з них прогнозування втрачає значення. При абсолютному детермінізмі зникає можливість альтернативного вибору рішень. При абсолютній невизначеності конкретне майбутнє неможливе.

- *виявлення альтернатив розвитку економіки;*

- *накопичення наукового матеріалу для обґрунтованого вибору певних рішень.*

1.4. Класифікація прогнозів

Однією з найважливіших теоретичних проблем економічного прогнозування є побудова типології прогнозів. Вона може будуватися залежно від різних критеріїв і ознак — мети, задач, об'єктів, методів організації прогнозування тощо. До числа найважливіших відносяться:

- а) масштаб прогнозування;
- б) час упередження;
- в) характер об'єкту;
- г) функція прогнозу.

За масштабом прогнозування виділяють:

- макроекономічний і структурний прогнози;
- прогнози розвитку народногосподарських комплексів (паливно-енергетичного, агропромислового, інвестиційного, виробничої інфраструктури, сфери обслуговування населення тощо);
- прогнози галузеві і регіональні;
- прогнози первинних ланок народногосподарської системи — підприємств, виробничих об'єднань, а також окремих виробництв.

За часом упередження прогнози поділяються на оперативні, короткострокові, середньострокові, довгострокові і далекострокі:

- оперативні — до одного року;
- короткострокові — від одного року до трьох років;
- середньострокові — від п'яти до десяти років;
- довгострокові — від десяти до двадцяти років;
- далекострокі — понад двадцять років.

Вищезазначені типи прогнозів відрізняються не лише за своїми характеристиками, але й за способом оцінки досліджуваних процесів.

Оперативні прогнози ґрунтуються на припущенні, що в прогнозованому періоді не відбудеться значних змін, як у кількісному, так і в якісному аспектах досліджуваного об'єкту. Вони передбачають детальні кількісні оцінки очікуваних подій. Короткострокові прогнози зосереджені лише на кількісних змінах і оцінюють події переважно за кількісними показниками. Середньострокові та довгострокові прогнози враховують як кількісні, так і якісні зміни у досліджуваному об'єкті, причому середньострокові прогнози акцентуються на кількісних змінах, а довгострокові — на якісних. У середньострокових прогнозах оцінка подій носить кількісно-якісний характер, а у довгострокових — якісно-кількісний. Далекострокові

прогнози базуються виключно на якісних змінах, переважно розглядають загальні закономірності розвитку досліджуваного об'єкту. Оцінка прогнозованих подій в далекострокових прогнозах є якісною.

За функціональною ознакою (напрямом прогнозування) прогнози підрозділяються на 2 типи: пошуковий і цільовий.

Пошуковий спосіб прогнозування заснований на умовному продовженні в майбутнє тенденцій розвитку досліджуваного об'єкту в минулому і теперішньому часі. Його задача — з'ясувати, як розвиватиметься досліджуваний об'єкт при збереженні існуючих тенденцій. Схема пошукового прогнозування представлена на рис. 1.3.

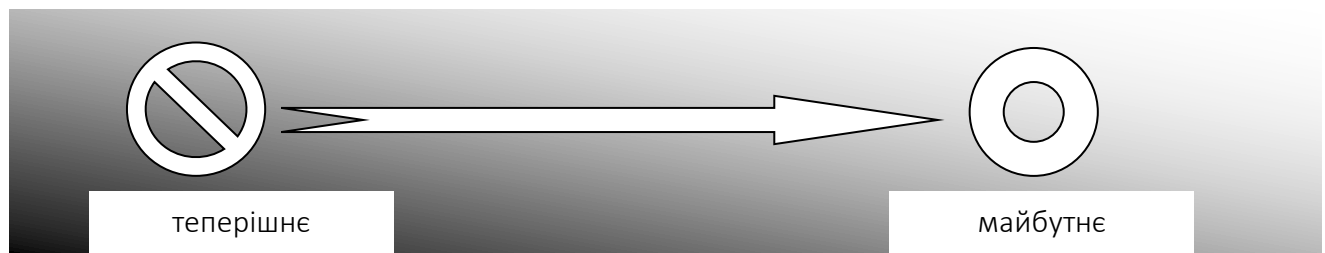


Рис. 1.3. Схема пошукового прогнозування

Оскільки такий підхід заснований на аналітичних дослідженнях, він називається ще і науковим, і дослідницьким. В наукових джерелах його часто називають дескриптивним, тобто описовим, а також генетичним, оскільки він припускає розвиток об'єкту відповідно до його генетики (спадковості), тобто потенціалу, закладеного в самому об'єкті.

Нормативний спосіб — це прогнозування від майбутнього до теперішнього часу, як би прогнозування "навпаки". В цьому випадку на початку встановлюються бажані кінцеві параметри розвитку (мета), а потім визначаються необхідні для цього фінансові, матеріальні і трудові ресурси. Таке прогнозування називають ще нормативно-цільовим. Схема нормативного прогнозування представлена на рис. 1.4.



Рис. 1.4. Схема цільового прогнозування

У порівнянні з пошуковим прогнозом, нормативний прогноз визначається заздалегідь з метою досягнення певного бажаного стану. Основна мета нормативного прогнозу полягає у визначенні шляхів і термінів досягнення майбутніх станів об'єкту прогнозування, які приймаються як цілі. Навпаки, пошуковий прогноз виходить з минулого і теперішнього стану об'єкту для визначення майбутнього стану. Нормативний прогноз, з свого боку, виконується у зворотному порядку: він визначається заданим майбутнім станом об'єкту, наявністю матеріальних, сировинних, фінансових та інших ресурсів, необхідних для досягнення цілі, а також урахує існуючі тенденції та їх зміни з огляду на поставлену ціль.

Обидва типи прогнозів, пошуковий і нормативний, одночасно використовуються на практиці і є різними підходами до прогнозування. У поєднанні цих двох підходів чітко проявляється роль прогнозування як інструменту для досягнення поставленої мети. Спонукальна функція прогнозування

визначає особливість його впливу на початкові передумови передбачення. Цей вплив може мати як позитивну сторону, прискорюючи реалізацію прогнозу, так і негативну сторону, гальмуючи його реалізацію або навіть призводячи до саморуйнування прогнозу. Це обумовлено тим, що досягнення мети прогнозу залежить від об'єктивних умов його реалізації. Якщо прогноз відповідає умовам розвитку об'єкту, то його успішно втілять на практиці.

Згідно сучасної класифікації пошукове прогнозування може бути двох видів:

- а) традиційним (або екстраполятивним);
- б) новаторським (або альтернативним).

Традиційний метод припускає, що розвиток об'єкту (наприклад, національної економіки) відбувається і відбуватиметься гладко і безперервно, тобто будуть збережені всі виявлені у минулому тенденції розвитку об'єкту прогнозування. Тому прогноз може бути простою проекцією (екстраполяцією) минулого на майбутнє.

Якщо при цьому прогноз не заснований на аналізі впливу на показники розвитку різних чинників, тобто на аналізі багаточинниковості, а використовує залежність показників тільки від часу (тобто тренди показників), то такий прогноз називається "наївним". В основному "наївний прогноз" використовується в стабільних економічних системах для прогнозування макроекономічних показників (ВВП, ЧНП, НД, інфляція, зайнятість тощо).

Підхід залишається традиційним лише в тому випадку, якщо отримані на основі інформації минулих років моделі або виявлена залежність між різними показниками соціально-економічного розвитку, які дозволяють відобразити стан соціально-економічних систем (наприклад, показники ефективності виробництва і показники стимулювання працівників цього виробництва), використовуються без зміни протягом ряду років для опису стану економіки в майбутньому.

У разі багаточинникових моделей прогноз не є "наївним", але і в цьому випадку прогнозисти проектують тенденції і сталі зв'язки у минулому на майбутнє, тобто екстраполюють минуле в майбутнє.

Новаторський підхід на відміну від традиційного виходить з того, що розвиток об'єкту (наприклад, економіки країни) не протікає гладко і безперервно, а стрибкоподібно і переривисто.

Новаторський підхід називають також альтернативним, оскільки він припускає, що існує безліч варіантів майбутнього розвитку об'єкту. Але необхідно пам'ятати, що і традиційний підхід, виключаючи тільки "наївний прогноз", припускає варіантність постановки.

Новаторський підхід припускає розробку варіантів, відмінних за ступенем і характером впливу управляючого органу на параметри розвитку.

Нормативне прогнозування звичайно застосовують в тих випадках, коли немає достатньої інформації про розвиток об'єкту у минулому, і, отже, неможливо не тільки провести багаточинниковий аналіз і моделювання, але навіть і визначити прогресивні тенденції розвитку. В цьому випадку використовують переважно якісні методи дослідження.

Встановивши бажаний кінцевий стан розвитку об'єкту, прогнозисти далі визначають заходи, які можуть забезпечити цей стан, а також необхідні фінансові, матеріальні і трудові ресурси. Прогнозування називають нормативним тому, що встановлювана мета часто засновується на нормативах, наприклад, досягнення прогресивних значень рівня забезпеченості і харчування населення, доходів на душу населення, середньої зарплати тощо.

Як новаторський метод пошукового прогнозування, так і нормативний метод схожі з плануванням, оскільки в процесі формування прогнозів встановлюється мета (при нормативному підході) і заходи щодо її досягнення (при обох підходах). Тому деякі автори не відносять їх до "чистих прогнозів", отриманих традиційним (екстраполятивним) способом.

1.5. Класифікація методів прогнозування

Існує значна кількість класифікаційних схем щодо методів прогнозування. Проте більшість з них або неприйнятна, або має недостатню пізнавальну цінність. Основна погіршеність цих схем — порушення таких принципів класифікації, як:

- достатня повнота обхвату методів прогнозування;
- єдність класифікаційної ознаки на кожному рівні розчленовування (при багаторівневій класифікації);
- не перехресчування розділів класифікації;
- відкритість класифікаційної схеми (тобто можливість доповнення новими методами).

Отже, введемо поняття методу прогнозування.

Метод — це спосіб дослідження явищ, що відбуваються в природі і суспільстві; це шлях пізнання, алгоритм процесу пізнання.



Метод прогнозування національної економіки — це спосіб, алгоритм розробки прогнозу розвитку національної економіки.

Отже, яка є мета класифікації методів прогнозування? Можна виділити дві основні мети. По-перше, це забезпечення процесу вивчення і аналізу методів прогнозування, а по-друге, це надання підтримки при виборі методу для розробки прогнозів для конкретного об'єкту. На сучасному етапі важко запропонувати єдину класифікацію, яка повністю задовольняла би обом цим цілям.

Існують два основних типи класифікації: послідовна і паралельна. Послідовна класифікація передбачає розбиття загального поняття на більш конкретні підкатегорії. Цей процес аналогічний поділу загального поняття на види. При цьому потрібно дотримуватися наступних правил:

1. При утворенні будь-якого видового поняття підстава розподілу (ознака) повинна залишатися однією і тією ж. Це означає, що одна і та сама ознака повинна залишатися константною при класифікації.
2. Об'єми видових понять повинні виключати один одного, тобто класи не повинні мати перетину. Це означає, що кожен об'єкт повинен бути віднесений тільки до одного видового поняття.
3. Об'єми видових понять повинні вичерпувати об'єм родового поняття, що означає, що всі об'єкти класифікації повинні бути включені і охоплені в межах видових понять.

Паралельна класифікація, натомість, передбачає використання складної інформаційної основи, яка складається з декількох ознак. В основі такої класифікації лежить принцип незалежності вибраних ознак, де кожна ознака самостійна і всі разом одночасно характеризують об'єкт, забезпечуючи повне уявлення про кожен клас.

Послідовна класифікація має наочну інтерпретацію у вигляді генеалогічного дерева і охоплює всю область знань в цілому. Вона визначає місце і взаємозв'язки кожного класу в системі, що дозволяє більш чітко представити область знань, що класифікується. Такий підхід є більш прийнятним для вивчення та методичного аналізу класифікації.

Серед класифікацій прогностичних методів відомі приклади обох типів.

Представлена на рис. 1.5 класифікація методів прогнозування є класифікацією послідовного типу, що має метою дати наочне уявлення у вигляді ієрархічного дерева сукупності методів сучасного прогнозування як деякої системи.

Кожний рівень класифікації характеризується своєю класифікаційною ознакою. Елементи кожного рівня є найменуваннями підмножин, що належать їм, елементів найближчого нижнього рівня, причому підмножин непересічних. Існують різні класифікації методів прогнозування. Особливо популярна класифікація за ступенем формалізації, де виділяються три основні групи: евристичні, фактографічні (формалізовані) і комплексні (комбіновані) методи.

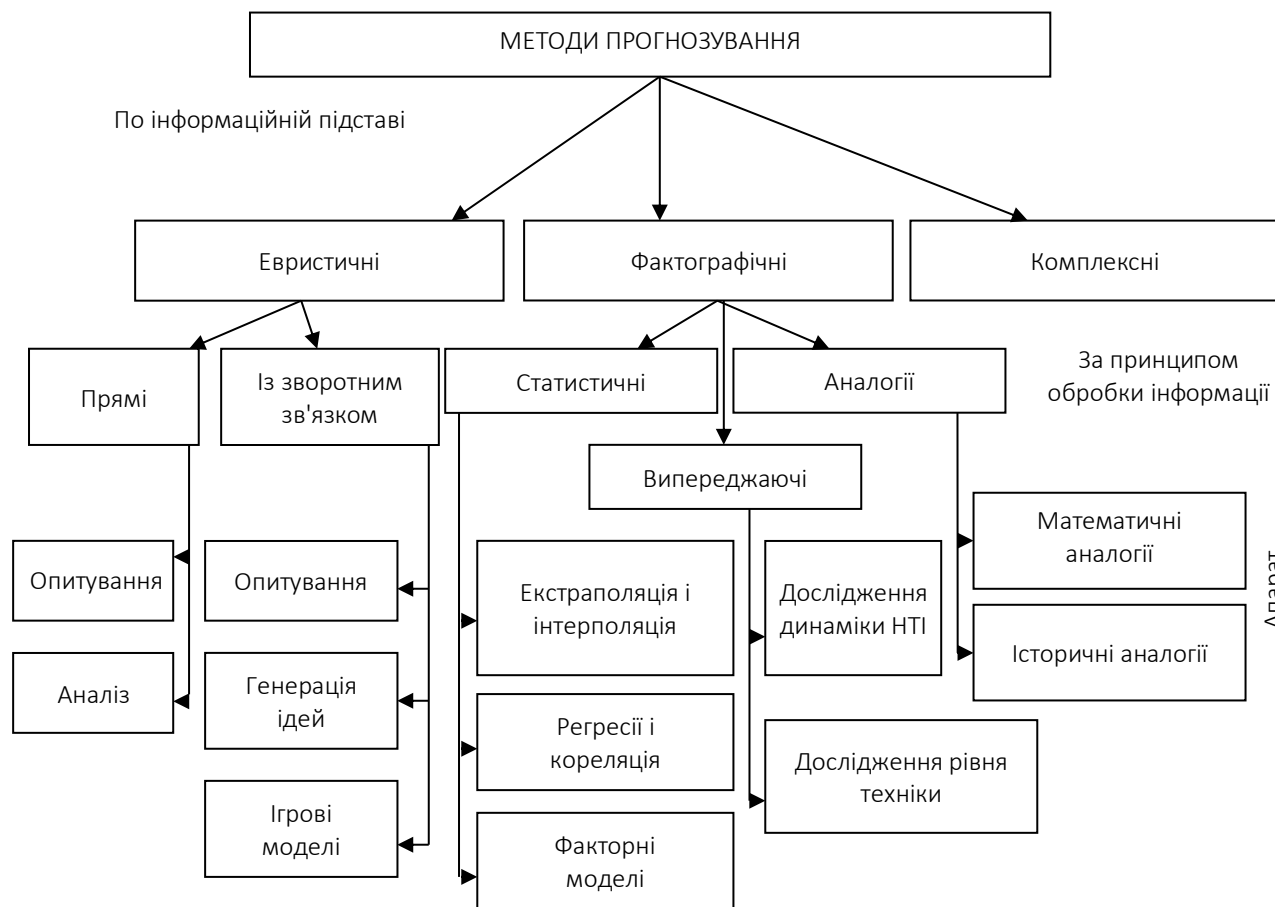


Рис. 1.5. Класифікація методів прогнозування

На нижньому рівні класифікації знаходяться конкретні методи прогнозування, які представляють вузькі групи і є модифікаціями або варіаціями загального методу.

Класифікація є відкритою і дозволяє збільшувати кількість елементів на кожному рівні та розширювати число рівнів шляхом подальшого уточнення останнього рівня.

На першому рівні класифікації всі методи поділяються на три класи залежно від "інформаційної основи методу". Фактографічні методи ґрунтуються на фактичній інформації про об'єкт прогнозування і його минулому розвитку. Евристичні методи використовують інформацію, яку надають експерти під час систематизованих процедур виявлення та узагальнення своїх думок. Комбіновані методи утворюють окремий клас, до якого входять методи з комбінацією інформаційних джерел, використовуючи як фактографічні, так і експертні дані як первинну інформацію.

Не варто відносити до комбінованих методів ті методи прогнозування, які використовують математичні методи обробки при експертній початковій інформації або оцінюють початкову фактографічну інформацію експертним шляхом. У більшості випадків ці методи можна віднести до першого або другого класу, які були згадані раніше.

Ці класи у подальшому діляться на підкласи залежно від принципів обробки інформації. Статистичні методи включають методи обробки кількісної інформації про об'єкт прогнозування з метою виявлення математичних закономірностей та взаємозв'язків характеристик для отримання прогнозних моделей. Методи аналогій спрямовані на пошук схожостей у закономірностях розвитку різних процесів і на їх основі роблять прогнози. Випереджаючі методи прогнозування базуються на спеціальній обробці науково-технічної інформації з метою передбачення розвитку науково-технічного прогресу.

Експертні методи поділяються на два підкласи. Прямі експертні оцінки базуються на отриманні та обробці незалежної узагальненої думки колективу експертів (або одного експерта), при цьому немає впливу думок одного експерта на думки інших експертів або на думку колективу. Експертні оцінки

зворотним способом втілюють принцип зворотного зв'язку шляхом впливу на оцінку експертної групи (або одного експерта) думкою, яка була отримана раніше від цієї групи або від одного з її експертів.

Третій рівень класифікації поділяє методи прогнозування на види відповідно до класифікаційної ознаки "апарат методів". Кожен вид включає методи, які базуються на однакових засадах їхнього впровадження. Наприклад, статистичні методи розділяються на методи екстраполяції і інтерполяції; методи, які використовують регресійний і кореляційний аналіз; методи, які використовують факторний аналіз.

Клас методів аналогій поділяється на методи математичних і історичних аналогій. Перші методи використовують об'єкти з інших фізичних природних явищ, інших галузей науки або техніки, але мають математичний опис розвитку, який збігається з об'єктом прогнозування. Другі методи використовують процеси, що мають однакову фізичну природу і випереджають в часі розвиток об'єкта прогнозування.

Випереджаючі методи прогнозування можна розділити на методи дослідження динаміки науково-технічної інформації і методи дослідження та оцінки рівня техніки. У першому випадку, головним чином, використовується побудова кількісно-якісних динамічних рядів на основі різних видів науково-технічної інформації та їх аналізу та прогнозування відповідного об'єкту. Другий вид методів використовує спеціальний апарат аналізу кількісної і якісної інформації, що міститься в науково-технічній інформації, наприклад, для визначення характеристик рівня якості існуючої та проектованої техніки.

Прямі експертні оцінки розділяються на види експертного опитування і експертного аналізу в залежності від способу їхньої реалізації. У випадку експертного опитування використовуються спеціальні процедури для формування питань, отримання відповідей, обробки цих відповідей і формування остаточного результату. У випадку експертного аналізу основним засобом дослідження є цілеспрямований аналіз об'єкту прогнозування з боку експерта або групи експертів, які самі ставлять і вирішують питання, спрямовані на досягнення поставленої мети.

Експертні оцінки із зворотним зв'язком включають три види методів: експертне опитування, генерацію ідей та ігрове моделювання. У першому випадку використовуються регламентовані процедури опитування експертів зворотним зв'язком, які періодично повторюються, як описано вище. Другий вид методу базується на безпосередньому спілкуванні експертів з метою обміну думками щодо поставленої проблеми, він не передбачає формальних питань і відповідей, а зосереджений на сприянні творчій діяльності експертів. Третій вид методу використовує концепції теорії ігор та її практичне застосування. Зазвичай, цей метод реалізується шляхом динамічної взаємодії між групами експертів та комп'ютером, який моделює об'єкт прогнозування в можливих майбутніх ситуаціях.

Нарешті, четвертий рівень класифікації відділяє окремі методи та групи методів на основі локальних класифікаційних ознак, які є унікальними для кожного виду методів на третьому рівні. Ці ознаки не можна узагальнити для всього рівня в цілому.

Порівнюючи клас об'єкту з відомими класами методів прогнозування, можна визначити певну групу методів, які найкраще відповідають цьому класу об'єкту.

Евристичні, або експертні, методи прогнозування використовуються в тих випадках, коли неможливо врахувати вплив багатьох чинників через значну складність об'єкту прогнозування, коли присутній великий ступінь невизначеності і нестабільності функціонування об'єкту.

Експертні оцінки застосовні як для пошукового, так і нормативного прогнозування. Широко використовуються експертні методи в довгостроковому прогнозуванні, оскільки вони не пред'являють до початкової інформації вимог, характерних для математичних моделей. Експертиза дозволяє обійти труднощі довгострокового врахування якісних змін об'єкту прогнозування, пов'язаних як з внутрішньою логікою його розвитку (взаємозв'язків якісних ознак), так і зі змінами зовнішніх чинників (фону).

Проте там, де можлива формалізація зв'язків між основними показниками розвитку соціально-економічної системи, використовуються фактографічні методи.

Переваги фактографічних методів перед інтуїтивними очевидні: зростає об'єктивність прогнозу, розширюються можливості розгляду різних варіантів. Навіть, не дивлячись на необхідність використання експертних оцінок, і екзогенних чинників, прогноз, в основному, є результатом наукового дослідження.

Проте треба відзначити, що при формалізації багато що залишається за межами аналізу, і чим більше ступінь формалізації, тим, в загальному випадку, бідніше виявляється модель. Особливо чітко ця ситуація видна при переході від методів логічного моделювання до економетричних моделей.

Зважаючи на складність соціально-економічної системи країни і чинників невизначеності і випадковості в її розвитку, в основному використовуються комплексні, або комбіновані методи, що включають різні окремі методи залежно від мети прогнозування, наявності інформації і ступеня визначеності зв'язків між показниками розвитку.

1.6. Експертні методи прогнозування

До групи експертних методів відносять:
метод індивідуальних експертних оцінок;
метод колективних експертних оцінок.

Експертні методи включають два основних підкласи. *Прямі експертні* оцінки базуються на отриманні і обробці незалежних узагальнених думок експертів або колективу експертів, при цьому думки одного експерта або всього колективу не впливають на думку кожного окремого експерта. *Експертні оцінки із зворотним зв'язком*, натомість, використовуються для впливу на оцінку експертної групи або одного експерта шляхом використання думок, які були отримані раніше від цієї групи або від одного з експертів.

Експертні методи використовуються в прогнозуванні, коли середовище функціонування об'єктів має значну невизначеність і піддається впливу факторів прогресу. Вони також застосовуються, коли є обмежений час або в екстремальних ситуаціях.

Експертні оцінки широко використовуються при прогнозуванні напрямків науково-технічного прогресу, суспільних і політичних сфер діяльності. Вони можуть бути використані як для пошукового, так і для нормативного прогнозування. Експертні методи особливо корисні в довгостроковому прогнозуванні, оскільки вони не потребують початкової інформації, яка є необхідною для економічних моделей.

Методи колективних експертних оцінок мають переваги перед методами індивідуальних експертних оцінок. При колективному мисленні досягається вища точність прогнозів, а також виникають продуктивні ідеї під час обробки різних незалежних індивідуальних оцінок експертів.

Методи індивідуальних експертних оцінок включають два підходи: метод опитувань типу "інтерв'ю" і аналітичний метод.

Метод опитувань типу "інтерв'ю" передбачає безпосередній контакт експерта з фахівцем у форматі "питання-відповідь" або бесіди. Прогнозист ставить експертові питання щодо перспектив розвитку прогнозованого об'єкту, використовуючи наперед розроблену програму опитування. Ефективність такої оцінки значно залежить від здатності експерта давати швидкі відповіді на різні питання, включаючи фундаментальні. Недоліком цього методу є психологічний тиск на експерта.

Аналітичний метод, або метод аналітичних експертних оцінок, передбачає детальний і самостійний аналіз тенденцій, стану та шляхів розвитку прогнозованого об'єкту експертом. Цей підхід дозволяє експерту використовувати всю доступну інформацію про об'єкт прогнозу. Експерт формулює свої висновки у вигляді доповідної записки, і психологічний тиск на експерта в цьому випадку є мінімальним.



Основними принципами методів індивідуальних експертних оцінок є можливість використання індивідуальних здібностей експерта і незначний ступінь психологічного тиску на нього.

Однак, індивідуальні експертні методи не є досить придатними для прогнозування загальних стратегій розвитку, оскільки обмеженість знань одного експерта у всіх сферах економіки, науки, техніки та інших суміжних областях теорії та практики ускладнює цей процес.

Експертиза дозволяє подолати труднощі довгострокового врахування якісних змін прогнозованого об'єкту, які пов'язані як з внутрішньою логікою його розвитку та взаємозв'язками якісних ознак, так і зі зміною зовнішніх факторів. Наприклад, врахування впливу науки та техніки на макроекономічні показники в країні та галузях вимагає експертних оцінок різних економічних обмежень, таких як інвестиції приватного сектору та потреби у продукції та послугах.

Колективні експертні оцінки є методами, які широко використовуються в прогнозуванні. Вони особливо корисні при визначенні напрямів і темпів науково-технічного прогресу. Крім того, ці методи успішно використовуються для визначення можливих змін у параметрах економіко-математичних моделей соціально-економічної системи під впливом науково-технічного прогресу та організаційно-фінансових заходів. В умовах невизначеності та нестабільності розвитку соціально-економічної системи, методи експертних оцінок набувають великого значення. Існує багато модифікацій колективних експертних оцінок, але їх основний принцип полягає у виявленні колективної думки експертів щодо перспектив розвитку прогнозованого об'єкту.

1.7. Фактографічні методи

Там, де можлива формалізація зв'язків між основними показниками розвитку економіки, використовуються фактографічні методи. Їхня перевага перед інтуїтивними методами полягає в тому, що в останньому випадку зростає об'єктивність прогнозу, розширюються можливості розгляду різних варіантів.

До цієї групи методів відносяться дві підгрупи моделей: логічні і математичні. Логічні моделі включають метод історичних аналогій і спосіб розробки сценаріїв розвитку.

Метод історичних аналогій.

Метод історичних аналогій ефективний при визначенні шляхів розвитку нових галузей і економічних районів. Але і прийнятий "зразок" потребує подальшого дослідження внутрішніх і зовнішніх умов і закономірностей його розвитку. Необхідно дуже обережно застосовувати цей метод, оскільки немає абсолютно однакових об'єктів і явищ, і до того ж змінюється як внутрішнє, так і зовнішнє середовище об'єкту. Особливо важливо коректне використання цього методу при прогнозуванні розвитку соціально-економічної системи країни (компаративний аналіз).

Прогнозуючи розвиток України, необхідно враховувати як внутрішні умови, так і зовнішні (наприклад, пов'язані з світовою фінансовою кризою), що змінилися за останні роки. В урізаному вигляді спосіб аналогій може бути використаний в комплексних методах — наприклад, для прогнозування змін в параметрах математичних моделей.

Метод написання сценарію.

Написання сценарію — це метод, при якому встановлюється логічна послідовність подій з метою показати, як виходячи з існуючих ситуацій може розвиватися крок за кроком майбутній стан об'єктів.

Сценарій розгортається в конкретному часовому інтервалі за певними роками і дозволяє відповісти на ряд істотних для прогнозування питань:

Які тенденції тих або інших сторін розвитку прогнозованої системи?

Які чинники впливають на здійснення цих тенденцій?

Які можливі проблеми і труднощі в розвитку соціально-економічної системи?

Яка область допустимих альтернатив управлінських рішень з розвитку системи?

Які очікувані наслідки тих або інших управлінських рішень?

В розробці сценарію розвитку соціально-економічної системи беруть участь фахівці різного профілю. Існує безліч методик складання сценаріїв, але у будь-якому випадку прогнозисти повинні уміти виявити ті можливі майбутні події, які дійсно значні, можуть відбутися з великою вірогідністю, і при цьому визначити наслідки таких подій, якщо вони відбудуться. Це можуть бути як події, що відбувалися в минулому і прояв яких можливий в майбутньому, так і події, що не спостерігалися у минулому, але цілком імовірно, що вони відбудуватимуться. В основному тут йдеться про екзогенні чинники, тобто чинники, які прогнозисти можуть

передбачати, прогнозувати, але не впливати на них. Все сказане відноситься до розробки сценаріїв як на мікрорівні, так і макрорівні.

В цілому можна з упевненістю сказати, що кожне рішення щодо майбутнього явно або неявно ґрунтується на сценарії або ряді сценаріїв. Метод сценарію є одним з основних способів прогнозування при структурній перебудові соціально-економічної системи, і його результати більшою мірою залежать від інтелекту, рівня знань, обізнаності і творчої фантазії прогнозистів.

В прогнозуванні соціально-економічної системи особливо широко використовуються математичні моделі, які включають **трендові і економетричні моделі**.

Трендова модель описує зміну прогнозованого або аналізованого показника в залежності тільки від часу.

Економетричні моделі відрізняються від трендових тим, що розглядають зміну показників розвитку соціально-економічної системи не тільки залежно від часу, але і від інших найістотніших чинників. Спосіб, що використовує трендові моделі в прогнозуванні, називається методом екстраполяції тренда. Це один з пасивних способів прогнозування, так званий "наївний прогноз", оскільки припускає строгу інерційність розвитку, тобто проектування минулих тенденцій в майбутнє, а головне — незалежність показників розвитку від тих або інших чинників. При цьому не можна переносити тенденції, які сформувалися у минулому, на майбутнє. Пояснюється це наступними причинами:

а) при короткостроковому прогнозуванні екстраполяція минулих усереднених показників призводить до того, що нехтують (або не помічають) незвичайними відхиленнями в обидві сторони від тенденції. В той же час для поточного (короткострокового) прогнозу або плану передбачення цих відхилень є основною задачею.

б) при довгостроковому прогнозуванні використовується такий високий рівень агрегації, при якому не враховуються зміни структури вироблюваної продукції і самої продукції, зміна технології виробництва, особливостей ринків, тобто все те, що складає головні задачі стратегічного планування.

Основна ідея прогнозування за допомогою екстраполяції динамічних рядів базується на припущенні збереження закономірності зміни прогнозованої змінної, виявленої на ретроспективній ділянці, на певному інтервалі часу в майбутньому. На практиці звичайно з'ясовується, що вигляд і параметри закономірності зміни змінної істотно залежать від інтервалу часу ретроспекції, на якому вони визначалися. Це в більшості випадків пояснюється чергуванням ділянок еволюційної і революційної (стрибкоподібної) зміни процесу. З другого боку, зміна закономірності розвитку процесу може протікати і відносно плавно, так що виникає необхідність безперервно коректувати екстраполяційну формулу у міру надходження нових даних про фактичні значення змінної.

Все це привело до необхідності по-різному враховувати і оцінювати новітні дані і застарілу до теперішнього моменту інформацію. Реалізацією цього принципу в прогнозуванні є використання різних способів дисконтування інформації у міру видалення її отримання в минуле.

Самими відомими способами введення дисконтування є методи ковзної середньої і експоненціального згладжування.

Економічна система на відміну від замкнутої фізичної системи (наприклад, ракети у польоті) — відкрита і реагуюча система, що змінюється залежно від зовнішніх умов і введення нових змінних. Тому, якщо аналіз ситуацій на основі ретроспективного погляду може бути більш менш успішним, то прогнозування майбутнього, як правило, виявляється невдалим. Важливо те, що детальний і уважний аналіз ходу розвитку у минулому майже завжди виявляє спади ділової активності, які припиняються і ліквідовуються не пасивним очікуванням "природних сил", поновлюючих рівновагу, а енергійними або навіть героїчними управлінськими зусиллями, направленими на подолання несприятливих обставин.

Термін "дисконтування" визначається в прогностиці як зменшення інформативності ретроспективних значень змінної об'єкту прогнозування у міру віддалення моментів їх вимірювання в минуле.



Статистичний аналіз, що проводиться з метою екстраполяції, навіть не прагне виявити характер протидії з боку управлінського апарату, що запобігає очікуваним спадам. Необхідно, щоб при аналізі ставилася і розв'язувалася задача виявлення характеру державного регулювання, державної економічної політики, ефективності різноманітних заходів в різних умовах.

Таким чином, слід зазначити, що не можна переносити тенденції, що сформувалися у минулому, на майбутнє, оскільки може змінитися ефективність багатьох чинників, у тому числі НТП. Крім того, минуле можливо визначалося не тільки "природним розвитком" економічних процесів, а, в достатній мірі, — державною політикою в управлінні економікою і методами державного регулювання.

Важливо відзначити також, що екстраполяція через високу агрегованість економічних показників не виявляє змін структури виробництва, структурних зсувів в розвитку галузей, регіонів тощо. Це, у свою чергу, не дозволяє встановити прогресивні структурні зсуви в галузях національної економіки, схід "зірок" і загасання традиційних виробів з великою часткою морального старіння.

Метод побудови прогнозних графів і дерев цілей.

Поняття графа було вперше введено Л. Ейлером в 1776 р. у зв'язку з рішенням головоломної задачі про кенігсберзькі мости.



В даний час графом взагалі називають фігуру, що складається з крапок — вершин, сполучених відрізками — ребрами.

Графи можуть бути зв'язними або незв'язними, орієнтованими або неорієнтованими, містити або не містити цикли (петлі). Вибір тієї або іншої структури графа визначається сутністю тих відносин між елементами, які він повинен виразити.



Деревом зветься зв'язний орієнтований граф, що не містить петель; кожна пара його вершин з'єднується єдиним ланцюгом.

Тільки структура зв'язного орієнтованого графа здатна виразити відносини тієї або іншої ієрархії.



Деревом цілі називають граф "дерево", що виражає відносини між вершинами — етапами або проблемами досягнення певної мети.

Дерево цілі, вершини якого ранжирувані, тобто виражені кількісними оцінками їхньої важливості, широко використовуються для кількісної оцінки пріоритету різних напрямів розвитку. Побудова такого дерева цілі вимагає рішення багатьох прогнозних задач, зокрема: прогнозу розвитку науки і техніки; формулювання сценарію прогнозованої мети; формулювання рівнів і вершин дерева мети; формулювання критеріїв і їх терезів ранжирування вершин. Кожна з цих прогнозних задач при потребі розв'язується методом експертних оцінок.

Слід зазначити, що кожній цілі, як об'єкту прогнозу, може бути поставлена у відповідність множина найрізноманітніших сценаріїв.

Матричний метод.

При визначенні науково-технічної стратегії розвитку окремих галузей народного господарства велике значення має питання про визначення взаємного впливу цих галузей одна на одну і на досягнення мети об'єкту прогнозу. Одне з можливих рішень цієї задачі може бути досягнуте на основі застосування для мети нормативного прогнозування матричного методу.

Цей метод дозволяє провести порівняння різних напрямів науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок за ступенем їхньої важливості для досягнення сукупності цілей або окремої мети. Оскільки звичайно розвиток об'єкту прогнозу залежить від значного числа взаємозв'язаних чинників, то застосування матричного методу припускає для спрощення оцінки всю множину різних

чинників розбити на ряд комплексів, в кожному з яких входять до певної міри однорідні чинники. Надалі оцінюється вплив цих комплексів один на одного і на досягнення кінцевої мети на основі використання операцій з матрицями для вирішення задачі вибору і обґрунтування оптимального розміщення ресурсів шляхом ранжирування чинників і визначення їх відносних ваг усередині комплексу.

1.8. Методологічні підходи до вибору методу прогнозування

Результатом застосування будь-якого методу прогнозування є розробка прогнозу, який може бути виражений показником, балансом або сценарієм.

Будь-який прогноз повинен містити показники (кількісні та якісні), що характеризують результат досягнення цілей прогнозування. Різноманітність сфер прогнозування унеможлиблює наявність нормативного переліку показників. У кожному окремому випадку перелік показників має відповідати цілям та завданням прогнозування, характеризувати об'єкт дослідження та результати реалізації прогнозу. Набір прогнозних показників має відповідати таким критеріям:

- 1) достатня повнота, щоб характеризувати динаміку багатовимірних об'єктів;
- 2) кількість показників має бути обмеженою. Перевага надається кінцевим узагальнюючим параметрам;
- 3) у міру віддалення від короткострокових до довгострокових прогнозів кількість узагальнюючих показників скорочується, а розбіжність альтернативних варіантів та сценаріїв зростає;
- 4) необхідно забезпечити максимально можливу достовірність та "чистоту" використовуваних показників.

Важливу роль у прогнозуванні грає розробка балансів ресурсів:

- 1) баланс трудових ресурсів – включає дані про чисельність населення, частку населення у працездатному віці;
- 2) баланс основних фондів – характеризує їх вартість, розподіл за галузями та регіонами та знос;
- 3) матеріальний баланс – характеризують забезпеченість економіки країни різними видами матеріальних ресурсів.

Прогнози, особливо довгострокові, мають розроблятися у кількох збалансованих сценаріях.

Зазвичай використовують три сценарії:

- 1) інерційний (базовий) сценарій – заснований на екстраполяції. Тривалість вихідного періоду має перевищувати тривалість прогнозного;
- 2) оптимістичний (інноваційно-проривний) сценарій – виходить із найбільш сприятливого поєднання умов, грає мобілізуючу роль, показує реальні можливості розвитку;
- 3) песимістичний сценарій – виходить із несприятливого поєднання факторів та тенденцій майбутнього розвитку.

Вибір методу прогнозування є допоміжним, але ключовим рішенням, яке, з одного боку, повинне забезпечити функціональну повноту, достовірність і точність прогнозу, а з іншою — зменшити витрати часу і засобів на прогнозування. Актуальність розробки формальних, у тому числі логічних, процедур вибору типу або безпосередньо методу прогнозування зростає під впливом трьох груп причин.

Перша група причин полягає в зростанні числа методів прогнозування, породжуваному різноманітністю практичних задач прогнозування. В даний час існує приблизно двісті методів прогнозування. У зв'язку з ускладненням задач і умов прогнозування кількість методів, поза сумнівом, ростиме. Тому навіть коротке ознайомлення з сутністю відомих способів прогнозування за допомогою простого перебору вимагає немало часу і сил.

Друга група причин полягає в тому, що постійно збільшується складність, як самих вирішуваних задач, так і об'єктів прогнозування.

Третя група пов'язана із зростанням динамічності (рухливості) ринкового середовища, прискоренням темпів морального старіння товарів, послуг і основної виробничої системи.

Прогнозист повинен в результаті передпрогнозних досліджень структурувати інформацію про об'єкт прогнозування, проаналізувати її і ухвалити рішення про те, який з методів більшою мірою відповідає конкретним умовам прогнозу або плану. При цьому важливо на етапі підготовки рішення про вибір способу прогнозування виділити не тільки ті методи, які можна застосовувати в умовах вирішуваної задачі, але і ті, які не можна. Останні виключаються з числа даних альтернатив.

Вибір методу прогнозування не може здійснюватися на підставі суб'єктивних схильностей прогнозиста або групи прогнозистів, а повинен визначатися відповідно до об'єктивних критеріїв, що включають:

характер об'єкту прогнозування або проблеми (задачі), вирішуваної в процесі прогнозування;
рівень прогнозу, або рівень управління (галузевий, регіональний, муніципальний), для якого розробляються прогнози;

інтервал упередження (далеко-, довго-, середньо- або короткостроковий);
мета прогнозу.

Проблеми розрізняються за ступенем розвинутості і чіткості зв'язків між:

- досліджуваними проблемами і їхніми наслідками;
- виділеними чинниками і результативним показником.

Виділяють 4 класи проблем, що виникають при рішенні прогнозних задач. Розглянемо їх докладніше.

Стандартні проблеми. Зв'язки між чинником і результатом суворо детерміновані і можуть бути виражені функціональними рівняннями, простим розрахунком (наприклад, продуктивність праці рівна відношенню об'єму виробництва в незмінних цінах на чисельність працюючих).

Структуровані проблеми. Зв'язки носять характер вірогідності, (стохастичний) корелятивний, але відрізняються високим ступенем тісноти. При зміні чинників результат може встановлюватися як з деяким інтервалом "від" і "до", так і однозначно (наприклад, визначення темпів зростання продуктивності праці залежно від темпів його фондоозброєності).

Слабко структуровані проблеми відрізняються невисоким рівнем тісноти зв'язку між чинником і результатом. Результативний показник при цьому змінюється в дуже великому інтервалі значення "від" і "до" (наприклад, визначення врожайності сільськогосподарських культур, яка залежить від такого чинника як погодні умови).

Не структуровані проблеми — зміну результативного показника, функції важко передбачити (наприклад, розвиток техніки і технології залежно від розмірів фінансування тощо).

Важливо мати на увазі, що клас проблем залежить від об'єкту прогнозування.

У випадку, якщо проблема розв'язується на рівні підприємства (фірми) для короткострокового періоду вона може бути віднесена до стандартних проблем (наприклад, розрахунок виробничої потужності за наявності інформації про введення і виведення потужностей в прогнозованому році), або до слабко структурованих і навіть не структурованих проблем у міру подовження періоду (інтервалу упередження) і підвищення рівня прогнозування (наприклад, регіональний, галузевий).

Таким чином, при переході на більш високий рівень управління і збільшенні інтервалу упередження ступінь структурованості проблеми зменшується.

Для прогнозування проблем використовується тотожність (рівність) — економіко-математичні моделі. Для структурованих проблем застосовуються економетричні моделі, економіко-математичні моделі.

Для слабко структурованих проблем використовуються методи експертних оцінок, метод сценарію, можливо використання і економетричних моделей.

Для неструктурованих проблем застосовуються в основному логічні методи і методи експертних оцінок.

Яким чином визначити застосовність методів в економічному прогнозуванні?

Доцільно розглянути застосовність методів прогнозування для розробки деяких базових прогнозів.

Пошуковий підхід реалізується в побудові і аналізі рівнянь трендів для попиту і споживання різних товарів і послуг, а також в складанні економетричних моделей чинників.

При розробці нормативних прогнозів необхідно мати в своєму розпорядженні дані про національні норми споживання різних товарів і послуг. Важче сформулювати норми споживання непродовольчих товарів і різних послуг, тим паче, що вони помітно змінюються з часом. Ще складніше нормувати духовні потреби. Часто моделювання в цьому напрямі виключається, залишаються лише експертні оцінки.

В цілому, отримання обґрунтованих соціальних прогнозів вимагає взаємозв'язків пошукових і нормативних методів і моделей. Пошуковий статистичний підхід враховує, що майбутня структура споживання ще довго буде визначатися тенденціями, традиціями і звичками, що склалися.

В період дослідно-конструкторських розробок в прогнозах використовуються експертні оцінки, аналіз патентної інформації, екстраполяція, динамічний міжгалузевий баланс, мережні моделі. Ці ж методи з додаванням економетричного, імітаційного моделювання застосовуються на стадіях прогнозування підготовки виробництва, переходу до серійного виготовлення, експлуатації споживачами.

Прогнозування потреби в новій продукції доцільно забезпечити комплексним підходом, тобто, поєднанням експертних і формалізованих методів і моделей.

Отже, в економічному прогнозуванні застосовуються практично всі різновиди описаних раніше методів. Спочатку розробки ведуться в основному за допомогою експертних опитувань, аналогій.

Якісний аналіз доповнюється розрахунками на основі екстраполяції, інших математико-статистичних підходів, головним чином, пошукового характеру. В подальших і заключних періодах економічного прогнозування використовуються складніші, у тому числі нормативно-цільові моделі: економетричні, балансові, оптимізаційні.



Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттю "економічна прогностика".
2. Що вивчає прогностика?
3. Що лежить в основі прогностики?
4. Охарактеризуйте аспекти економічного прогнозування.
5. Що грає роль критерію істини прогнозу? Які види критеріїв Ви знаєте?
6. Розкрийте єство понять "категорія", "закон", "принцип".
7. Що розуміється під часом упередження прогнозу?
8. Які підсистеми входять до складу СЕС?
9. Назвіть основну мету СЕС.
10. На яких принципах заснована класифікація прогнозів?
11. З якою метою розробляється прогноз природних ресурсів?
12. Які особливості взаємодії етапу прогнозування з етапом розробки концепції і основних напрямів розвитку СЕС?
13. Що таке прогноз?
14. Розкрийте сутність прогнозування.
15. Що є об'єктом і предметом економічного прогнозування?
16. Назвіть відмінні риси економічного прогнозування від інших видів прогнозування.
17. Що собою представляє передбачення, як форма прогнозування?
18. Охарактеризуйте етапи ретроспекції.
19. Наведіть приклад прогнозів у варіативній формі.
20. Перерахуйте і розкрийте суть принципів прогнозування.
21. Що розуміється під прогнозним фоном?
22. Назвіть основні функції економічного прогнозування
23. Назвіть основні форми передбачення.

24. У чому основні відмінності прогнозу і плану?
25. Як впливає зміна рівня визначеності інформації на вигляд прогнозу?
26. Перерахуйте основні ознаки класифікації прогнозів. Наведіть приклади.
27. У чому відмінність цільового прогнозування від пошукового?
28. Які підходи до дослідження об'єкту прогнозування Ви знаєте?
29. Дайте визначення поняттю "метод прогнозування".
30. Які групи методів прогнозування виділяють по ступеню формалізації?
31. У чому особливість евристичних методів прогнозування?
32. Перерахуйте випадки використання експертних методів в прогнозуванні.
33. Розкрийте сутність методу типу "інтерв'ю".
34. Яка особливість аналітичного методу прогнозування?
35. У чому переваги і недоліки методу "круглого столу"?
36. Охарактеризуйте метод "мозкового штурму". Назвіть його різновиди.
37. У чому відмінні особливості методу Дельфі?
38. Назвіть недоліки методів експертної оцінки.
39. Перерахуйте і охарактеризуйте часткові методи експертних оцінок.



Джерела

Допоміжні джерела до матеріалу теми 1

1. Геєць В.М. та ін. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування. Харків: ВД "ІНЖЕК", 2008. 396 с. ISBN 978-966-392-223-2.
2. Грабовецький Б.Є. Економічне прогнозування і планування : Навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 188 с. ISBN 966-8253-54-X.
3. Кулявець В.О. Прогнозування соціально-економічних процесів. Київ : Кондор, 2009. 194 с. ISBN 978-966-351-221-1.
4. Мельникова В. І. та ін. Макроекономічне прогнозування та його принципи. Національна економіка. Київ : Центр учбової літератури, 2012. 248 с.
5. Планування та прогнозування в умовах ринку : Навч. посіб. / під ред. д.ф.н., проф. В.Г. Воронкової. Київ : ВД "Професіонал", 2006. 608 с. ISBN 966-370-019-X.
6. Холден К., Піл Д., Томпсон Дж. Економічне прогнозування. Вступ. Київ : Інформтехніка, 1996. 216 с.
7. Elliott G., Granger C., Timmermann A. Handbook of Economic Forecasting. North Holland, 2006. 1070 p. ISBN 978-044-451-39-53.
8. Clements Michael P., Hendry David F. The Oxford Handbook of Economic Forecasting. Oxford University Press, 2011. 624 p. ISBN 978-019-539-86-49.

Тема 2. ПЕРВИННИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ НАЯВНОСТІ ТРЕНДУ



Ключові слова

Прогнозування на основі часових рядів, процедура виявлення викидів часового ряду, закономірна, сезонна та циклічна компоненти тенденції, метод довірчих інтервалів (метод оцінки різниці середніх, метод Стюдента), побудова лінійного, квадратичного, експоненціального, логарифмічного та інших трендів за допомогою метода найменших квадратів, аналіз переваг і недоліків методу, класичний кореляційно-регресійний аналіз. Перевірка адекватності побудованих моделей. Інтерпретація отриманих результатів.



Поняття та його визначення

Інформацію, яка формується усередині національної економіки і залежить від ефективності функціонування господарюючих суб'єктів можна назвати ендогенною, тобто інформацією внутрішнього походження, а інформацію, яка не залежить від характеру функціонування національної економіки — екзогенною, тобто зовнішнього походження.

Прогноз називається операційним, якщо він розглядає всі можливі варіанти розвитку об'єкта прогнозування в майбутньому і визначає всі цілі, які можуть бути досягнуті.

Часовий ряд чи ряд динаміки – послідовність статистичних даних, упорядкованих у не випадкові моменти часу, про значення будь-яких параметрів досліджуваного процесу. Кожне значення часового ряду називається рівнем часового ряду. У часовому ряді кожному рівню має бути вказано час виміру або номер виміру по порядку.



Основні теоретичні положення

2.1. Види і класифікація прогнозованої інформації

З типологією прогнозів тісно пов'язано питання про майбутнє і способи прогнозування. Розрізняють три основні джерела прогнозованої інформації:

- накопичений досвід, заснований на знанні закономірностей протікання і розвитку досліджуваних явищ, процесів, подій;

- екстраполяція існуючих тенденцій, закон розвитку яких в минулому і теперішньому часі достатньо відомий;

- побудова моделей прогнозованих об'єктів стосовно очікуваних або намічених умов.

Стосовно цих джерел інформації розрізняють три взаємодоповнюючих один одного методи прогнозування:

- експертний, заснований на попередньому зборі інформації (анкетування, інтерв'ювання, опит) і її обробці, а також на думках експертів (експерта) відносно поставленої задачі прогнозу;

- екстраполяція тренда — вивчення попереднього і теперішнього часового розвитку об'єкту і перенесення закономірностей цього розвитку в минулому і теперішньому часі на майбутнє;

- моделювання — дослідження пошукових і нормативних моделей прогнозованого об'єкту в світлі очікуваних або намічених змін в його стані.

На етапі прогнозованої ретроспекції необхідно визначити: 1) перелік характеристик об'єкта прогнозування та прогнозного фону, який необхідно проаналізувати для побудови прогнозу; 2) сукупність

показників, які адекватно відображають значення досліджуваних характеристик; 3) джерела, що містять необхідну інформацію; 4) спосіб збирання інформації; 5) форму надання інформації.

В практиці прогнозування всі перераховані джерела інформації і способи розробки прогнозів використовуються спільно.

Для простоти запам'ятовування матеріалу пропонується структурна схема, приведена на рис. 2.1.

Проблема підвищення якості прогнозно-аналітичних досліджень багато в чому залежить від їхньої інформаційної забезпеченості.

Основні вимоги до інформаційної бази, що використовується, наступні:

- достовірність кількісних характеристик показників;
- достатність і комплексність інформації, що надається, що має на увазі, перш за все, достатньо повні характеристики основних сфер економіки, а також негативних і позитивних процесів, що відбуваються в країні в цілому і її регіонах;

- системність інформації, що надається, припускаючи можливість взаємної ув'язки показників різних інформаційних блоків і рівнів між собою;

- зіставність, тобто несуперечність кількісних характеристик різних показників між собою.

Прогнозно-аналітичні розрахунки проводяться на підставі статистичної інформації, тобто відомостей, одержуваних від регіонів, підприємств, фінансових організацій тощо.

Використовується інформація, що характеризує економічну кон'юнктуру інших країн і світового господарства в цілому і її регіонів. Частина матеріалів формується в результаті опитування населення і підприємців. Використовується також експертна інформація, тобто відомості, одержувані від фахівців в тій або іншій області знань.

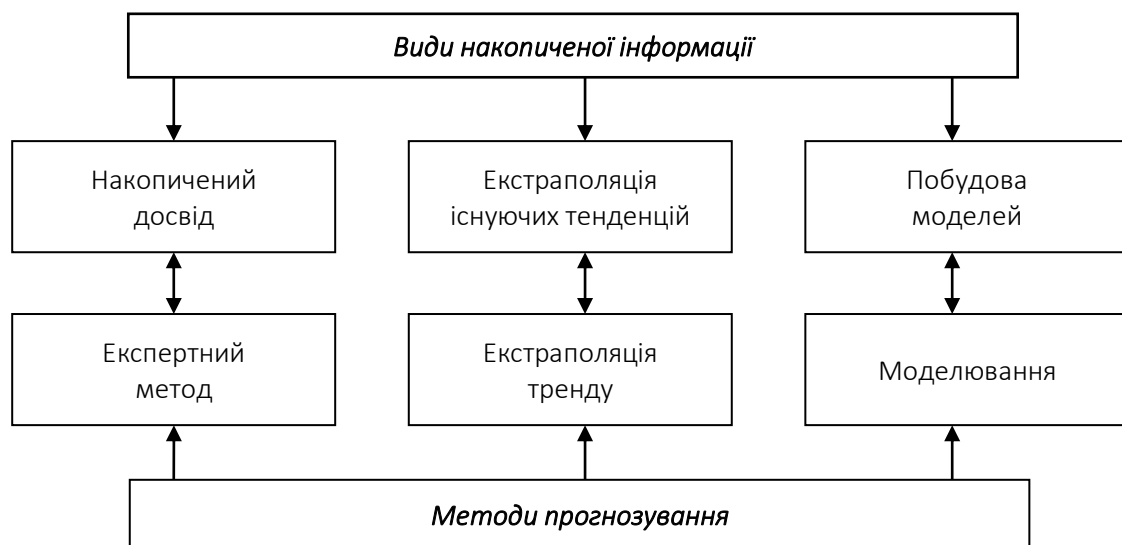


Рис. 2.1. Взаємозв'язок видів накопичення інформації і методів прогнозування

Розглянемо проблему якості статистичних даних. До чинників, що визначають їхню якість, відносяться наступні:

1) зміни, обумовлені переходом від методів суцільного спостереження до методів вибіркового обстеження;

2) невідлагодженість первинного обліку у зв'язку з упровадженням нових форм статистичної звітності і бухгалтерського обліку;

3) методологія розрахунку агрегованих показників;

4) невідповідність статистичного показника економічній категорії.

Проблема якості статистичних показників пов'язана, в першу чергу, із збором статистичних даних. В умовах багатократного збільшення числа економічних одиниць і зміни структури власності став неможливий суцільний облік економічної діяльності. Виробники зацікавлені в заниженні своїх результатів, оскільки це зменшує базу оподаткування.

Вибіркове обстеження не є абсолютно новим явищем. Істотна відмінність вибірових обстежень, що проводилися в минулому, полягає в тому, що це були разові заходи, причому генеральні сукупності були добре визначені. В сучасних же умовах методи несучільного статистичного спостереження стали основними, а сукупності, що вивчаються, зросли у багато разів, подібно тому як і варіація усередині кожної з них.

Первинними джерелами для складання агрегованих статистичних показників служать дані бухгалтерського обліку і статистичної звітності. Підвищення достовірності кінцевих оцінок можливо при забезпеченні наскрізного характеру розрахунків від первинних даних до підсумкових показників. Істотним джерелом помилок статистичних даних служить недоврахування об'ємів тіньової економіки. Розрахунок показників тіньової економіки є в даний час достатньо умовним.

Якість статистичних даних залежить не тільки від методів збору первинних показників, але і їхньої обробки. До процесу обробки відноситься також розрахунок середніх величин, при обчисленні яких виникають дві проблеми.

По-перше, в умовах кризового розвитку економіки спостерігається істотна варіація ознак в самих спостережуваних рядах.

По-друге, виникають проблеми при визначенні середнього рівня яких-небудь показників для країни в цілому при істотному його розкиді для різних регіонів.

При розрахунку темпів зростання економічних показників, наприклад темпу зростання ВВП або промислового виробництва необхідно використовувати показники в постійних цінах, щоб виключити вплив цінового зростання і виявити зростання фізичного об'єму. Використовування даних в незмінних цінах має важливе значення також для аналізу структури і пропорцій суспільного виробництва, особистого споживання.

Інформацію (показник) по своїй суті можна розділити на ендогенну і екзогенну.

Ту інформацію, яка формується усередині національної економіки і залежить від ефективності функціонування господарюючих суб'єктів можна назвати ендогенною, тобто інформацією внутрішнього походження, а інформацію, яка не залежить від характеру функціонування національної економіки — екзогенною, тобто зовнішнього походження.

В цьому випадку для національної економіки всі показники її розвитку, у тому числі і окремих господарюючих суб'єктів є ендогенними, а такі, наприклад, як курс долара на світовому ринку, ціни на нафту, встановлювані країнами — членами ОПЕК — екзогенними.

Слід мати на увазі, що поняття "ендогенність" і "екзогенність" - відносні.

Треба відзначити, що показники, екзогенні для національної економіки, є екзогенними і для її частин (елементів) — регіонів, галузей, підприємств тощо. Але у разі моделювання економічних процесів ендогенність і екзогенність інформації набувають дещо інший відтінок. При цьому вводиться поняття "значуща змінна моделі прогнозування" — показник, вживаний в моделюванні об'єкту. Виходячи з даного визначення можна представити ендогенні і екзогенні змінні таким чином.

Ендогенна змінна — значуща змінна моделі, величина якої прогнозується у межах цієї ж моделі.

Екзогенна змінна — значуща змінна моделі, величина якої прогнозується за межами цієї моделі.

Інформацію, що використовується для прогнозування, можна класифікувати і за функціональною ознакою, тобто за тим, в якій якості використовується той або інший показник в цілях прогнозування.

В цьому випадку інформація може бути некерованою, керованою і управляючою (інструментальною).

Некерована інформація — це, природно, екзогенна інформація, що справедлива як для всієї економічної системи, так і для окремих моделей.

А ось ендогенна інформація може бути і керованою і керуючою.

Керований показник — це показник, який може мінятися в майбутньому (прогнозі) залежно від зміни значень чинників, що його визначають.

Керуючий показник — це будь-який показник, який є інструментом державної політики, державного регулювання національної економіки і її об'єктів.

Інструментальними змінними прогнозування називаються керуючі показники, за допомогою яких здійснюється державне регулювання національної економіки.

Знаючи опис об'єкту прогнозування, що деталізується, можна отримати і його агрегований опис. Але в той же час, переходячи від агрегованого опису об'єкту до того, що деталізується, можна в загальному випадку отримати не єдиний його опис, що деталізується. Таким чином, при переході від опису, що деталізується, до агрегованого відбувається втрата інформації.

Найпростішим прикладом агрегації є складання. У ряді випадків використовуються не прості суми, а зважені показники. Часто враховуються середні величини. Все вищесказане відноситься до кількісних аспектів прогнозування.

Ускладнення, що виникають в результаті переходу до агрегованого опису економіки, можна об'єднати в наступні групи:

- проблеми операційності;
- проблеми оцінки;
- проблеми точності або достовірності аналізу.



Прогноз називається операційним, якщо він розглядає всі можливі варіанти розвитку об'єкта прогнозування в майбутньому і визначає всі цілі, які можуть бути досягнуті.

Підвищення рівня агрегації прогнозно-аналітичної інформації призводить до того, що втрачається потрібна інформація, і, отже, збільшується невизначеність як в оцінці стану економіки, так і в прогнозах її розвитку. Для мінімізації втрат в точності і достовірності використовуються два правила: I. Правило обмеженої області; II. Правило еквівалентних наслідків.

2.2. Часові ряди та ідентифікація наявності тренду

Прогнозну модель можна побудувати, використовуючи два типи вихідних даних:

- дані, що характеризують сукупність різних об'єктів у певний момент (період) часу;
- дані, що характеризують один об'єкт за ряд послідовних моментів (періодів) часу.

Моделі, збудовані за даними першого типу, називаються просторовими моделями. Моделі, побудовані за даними другого типу, називаються моделями часових рядів.

Часовий ряд чи ряд динаміки — послідовність статистичних даних, упорядкованих у не випадкові моменти часу, про значення будь-яких параметрів досліджуваного процесу. Кожне значення часового ряду називається рівнем часового ряду. У часовому ряді кожному рівню має бути вказано час виміру або номер виміру по порядку.

Часовий ряд (ЧР) — це дані, що характеризують той самий об'єкт у різні моменти часу (часовий зріз):

$$y_1, y_2, \dots, y_n \quad \text{або} \quad y_t(t = \overline{1, n})$$

$y_t(t = \overline{1, n})$ — рівні (елементи) ряду, де n — число рівнів.

Методи аналізу часових рядів суттєво відрізняються від методів аналізу даних простої вибірки. При аналізі часового ряду дослідника цікавлять не лише статистичні характеристики часового ряду, а й враховується взаємозв'язок вимірів з часом.

Часові ряди, як правило, виникають у результаті виміру деякого показника. Це може бути як характеристики технічних систем, і показники природних, соціально-економічних явищ і процесів. Наприклад, динаміка курсу валюти чи курсу акції, під час аналізу яких намагаються визначити основний напрямок розвитку, тобто, тренд. Або, наприклад, аналіз динаміки продажів компанії з метою планування залишків на складі.

Аналіз часових рядів має дві основні мети: перша - визначення природи самого ряду, а друга - прогнозування майбутніх значень цього ряду на основі його поточних та минулих значень. Обидві ці цілі передбачають ідентифікацію та відносно формальний опис моделі ряду. Після визначення моделі можна інтерпретувати дані, що розглядаються, з використанням цієї моделі.

Аналіз часових рядів, як і багато інших методів аналізу, передбачає наявність систематичної компоненти даних (часто складеної з кількох компонентів) і випадкового шуму (помилки), що ускладнює виявлення регулярних залежностей. Багато методів, що застосовуються у вивченні часових рядів, включають різні способи фільтрації шуму, що дозволяють виокремити регулярну компоненту з більшою чіткістю.

Основне завдання аналізу часового ряду – зрозуміти, під впливом яких компонент формується значення часового ряду, і побудувати математичну модель кожної компоненти чи її сукупності. Будь-який часовий ряд можна розкласти на наступні складові: тренд, сезонну складову, циклічну складову та випадкову складову. Перші три компоненти утворюють невинячу складову часового ряду. Виняча складову є у будь-якому часовому ряді. А ось присутність у структурі часового ряду компонентів невинячої складової не обов'язково.

Компоненти часового ряду

Тенденція (T)

Періодичні коливання (P)

Випадкові коливання (E)

$$y_t = f(T, P, E)$$

Два загальні типи компонентів часових рядів.

Більшість регулярних компонентів часових рядів можна класифікувати у дві категорії: тренд і сезонність. Тренд є систематичною лінійною або нелінійною компонентою, яка змінюється з плином часу. Сезонність відноситься до компоненти, що періодично повторюється. Часто обидва ці види регулярних компонентів присутні в одному ряді. Тренди та сезонні ефекти впливають на спостереження та їх систематизацію. Складність прогнозування системи залежить від умов, які впливають на наявність цих ефектів. Часові ряди можна класифікувати як стаціонарні або нестаціонарні в залежності від наявності трендів та сезонності.

Щодо періодичної та сезонної залежності, це ще один загальний тип компоненти в часових рядах. Якщо припустити, що кожне спостереження схоже на його сусіднє, а також існує повторювана сезонна складову, це означає, що кожне спостереження схоже на спостереження, що мало місце у тому ж самому місяці рік тому. Зазвичай періодичну залежність можна формально визначити як кореляцію порядку k між кожним i -м елементом ряду та $(i-k)$ -м елементом. Її можна виміряти за допомогою автокореляції, яка визначає кореляцію між різними членами ряду. Зазвичай для цього використовують термін "лаг" (іноді також використовуються терміни "зсув" або "запізнення"). Якщо помилка вимірювання невелика, сезонність можна виявити візуально, аналізуючи поведінку членів ряду через кожні k часових одиниць.

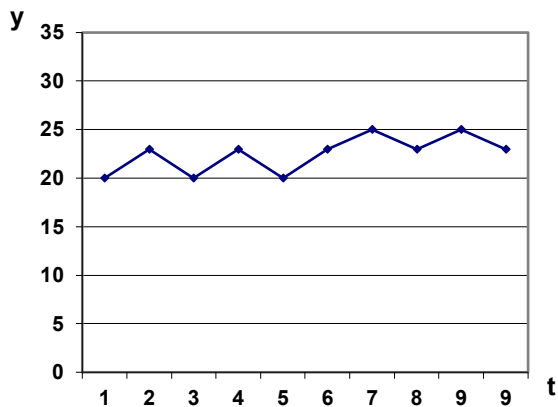
У стаціонарних часових рядах статистичні характеристики залишаються сталими відносно часу, що спрощує передбачення результату. Більшість статистичних методів передбачення припускають, що всі часові ряди є стаціонарними. Наприклад, народжуваність у країні є прикладом стаціонарного часового ряду. Хоча народжуваність залежить від багатьох факторів, її загальний спад або зростання можна передбачити, оскільки вона не виявляє яскраво вираженої сезонності.



Приклади

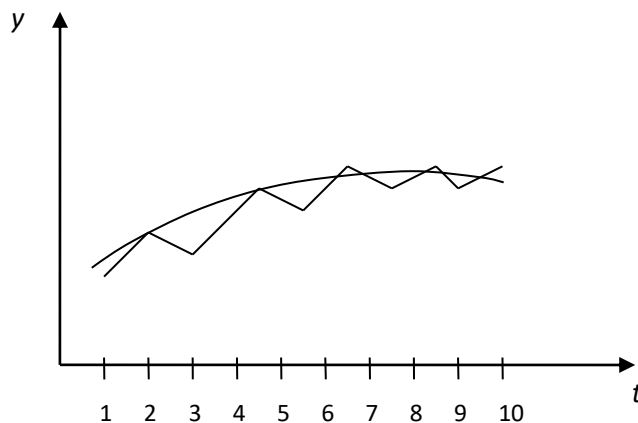
Ряд без тенденції та періодичних коливань (стаціонарний ряд)

$$y_t = \bar{y} + E$$



Ряд із тенденцією

$$y_t = f(T) + E$$



У нестационарних часових рядах статистичні властивості змінюються з часом. Вони показують сезонні ефекти, тренди та інші структури, які залежить від часового показника.

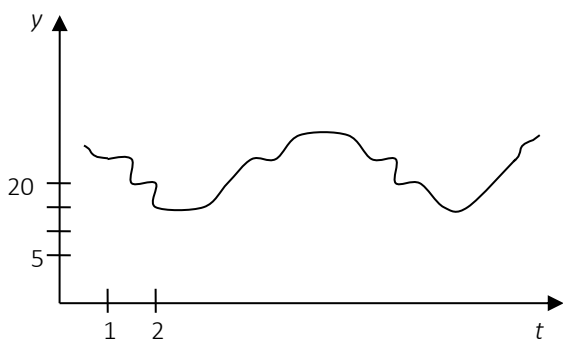


Приклади

Ряди з періодичними коливаннями

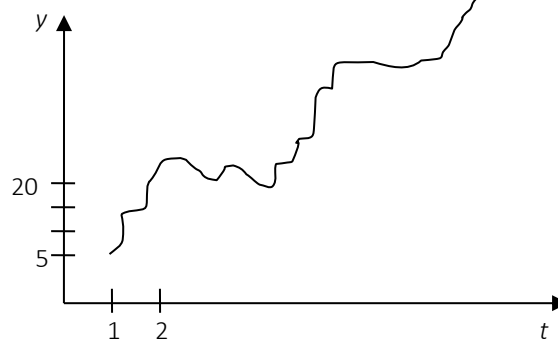
Ряд з періодичними та випадковими коливаннями

$$y_t = f(P, E)$$



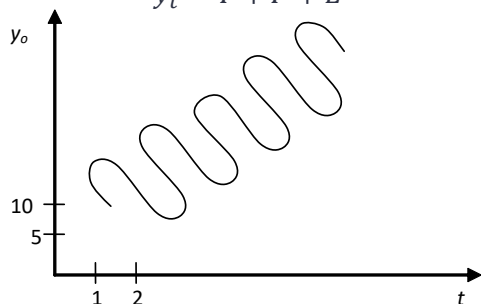
Ряд з тенденцією, періодичними та випадковими коливаннями

$$y_t = f(T, P, E)$$



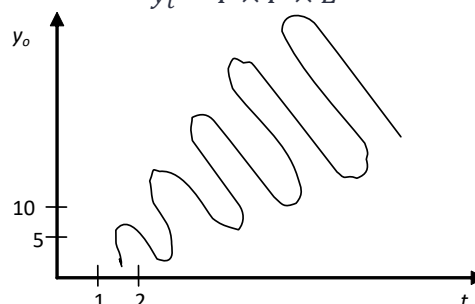
Адитивна модель

$$y_t = T + P + E$$



Мультиплікативна модель

$$y_t = T \times P \times E$$



Для класичних статистичних методів зручніше створювати моделі стаціонарних часових рядів. Якщо простежується чітка тенденція чи сезонність у часових рядах, слід змодельювати ці компоненти і видалити з спостережень.

Етапи побудови прогнозів економічних показників, представлених часовими рядами:



1. Попередній аналіз часових рядів.
2. Побудова моделей.
3. Оцінка якості моделей.
4. Вибір найкращої моделі.
5. Отримання прогнозу.

1. Попередній аналіз часових рядів.

1.1. Виявлення аномальних спостережень (за критерієм Ірвіна):

для кожного спостереження починаючи з другого розраховується:

$$\lambda_t = \frac{|Y_t - Y_{t-1}|}{\sigma_y},$$

де:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}{n-1}} - \text{середнє квадратичне відхилення};$$

\bar{Y} - середнє арифметичне значення показника Y_t .

Розраховані значення λ_t порівнюються з табличним $\lambda_{\text{табл}}$, і якщо виконується нерівність $\lambda_t > \lambda_{\text{табл}}$, то спостереження аномально.

Аномальні спостереження можуть бути викликані двома причинами:

технічними - через помилки у вимірі та передачі інформації, їх називають помилками першого роду (вони підлягають усуненню);

об'єктивними - через помилки, що виникають в результаті впливу на даний процес об'єктивних факторів, що зрідка проявляються, називають помилками другого роду (усуненню не підлягають).

Усунення аномальних спостережень проводиться шляхом їхньої заміни середньою арифметичною сусідніх рівнів ряду: $y_t = (y_{t-1} + y_{t+1}) / 2$ або експоненційною ковзною середньою.

1.2. Згладжування часових рядів.

Згладжування завжди включає в себе метод локального усереднення даних, який допомагає погасити несистематичні компоненти. Один з найбільш загальних методів згладжування - це ковзне середнє, де кожне значення в ряду замінюється простим або зваженим середнім значенням його n сусідів, де n - ширина "вікна". Замість середнього значення можна використовувати медіану значень, які потрапили в це "вікно". Медіанне згладжування має перевагу над ковзним середнім в тому, що воно більш стійке до викидів у "вікні". Тому, якщо виявляються викиди даних (наприклад, через помилки вимірювань), згладжування медіаною зазвичай дає більш плавні або "надійні" результати порівняно з ковзним середнім з тим самим "вікном".

У випадках, коли помилка вимірювання є значною, можуть використовуватися методи згладжування, такі як метод найменших квадратів, з використанням ваг, метод негативного експоненційного згладжування або згладжування за допомогою бікубічних сплайнів. Всі ці методи мають на меті фільтрацію шуму та перетворення даних в більш гладку криву. Коли маємо ряд з обмеженою кількістю спостережень та систематичним розташуванням точок, можна використати бікубічні сплайни для згладжування.

Підбір функції. При виборі функції для апроксимації ряду, часто достатньо лінійної функції для монотонних часових рядів. Якщо присутня явна монотонна нелінійна компонента, то спочатку дані можна перетворити, щоб усунути нелінійність. Зазвичай для цього використовують логарифмічне, експоненційне або, менш часто, поліноміальне перетворення даних.

Метод простої ковзної середньої:

1. Вибирається інтервал згладжування $m = 3, 5, 7, 9$.
Якщо необхідно згладити дрібні коливання, то m вибирається якомога більшим, і m зменшується, якщо необхідно зберегти дрібні хвилі.
2. Розраховується параметр: $p = (m-1)/2$.
3. Обчислюється середнє арифметичне значення рівнів в інтервалі згладжування:

$$\bar{y} = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m y_t .$$

4. Інтервал згладжування зміщується на один рівень ряду і знову розраховується середнє арифметичне.

Обчислення продовжуються до останнього рівня.

Недолік методу - перші та останні p рівнів залишаються не згладженими.

Метод зваженої ковзної середньої.

Згладжування проводиться за рівнянням полінома:

$$\hat{y} = (-3y_{t-2} + 12y_{t-1} + 17y_t + 12y_{t+1} - 3y_{t+2})/35$$

з урахуванням вагових коефіцієнтів ($m=5$).

Особливості вагових коефіцієнтів:

- симетричні щодо центрального члена;
- сума ваги з урахуванням загального члена дорівнює 1,0.

Метод експоненціального згладжування.

Для вирівнювання використовуються значення попередніх рівнів, взятих з певною вагою $0 < \alpha < 1,0$.

Розрахункова формула: $\hat{y} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$.

1.3. Перевірка наявності тренду.

Метод перевірки різниць середніх рівнів – часовий ряд розбивають на приблизно дві рівні за кількістю рівнів частини, кожна з яких розглядається як деяка самостійна вибіркова сукупність, що має нормальний розподіл. Якщо часовий ряд має тенденцію до тренду, то середні, обчислені для кожної сукупності, повинні істотно різнитися між собою. Якщо розбіжність є незначною, несуттєвою (випадковою), то часовий ряд не має тенденції. Таким чином, перевірка наявності тренду в досліджуваному ряду зводиться до перевірки гіпотези про рівність двох середніх нормально розподілених сукупностей.

ЧР розбивають на 2 приблизно рівні частини n_1 і n_2 : і кожна з яких самостійна вибіркова сукупність, що мають нормальний розподіл.

$$Y_1 = (y_1, \dots, y_{n_1}), \quad Y_2 = (y_{n_1+1}, \dots, y_{n_2}).$$

Вирішуються дві задачі:

Якщо ЧР має тенденцію, то \bar{Y}_1 та \bar{Y}_2 мають істотно відрізнятись між собою.

1. Перевіряється гіпотеза про рівність середніх:

$$H_0: M(Y_1) = M(Y_2).$$

За основу перевірки береться t -критерій Стьюдента.

У разі рівності дисперсій ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$):

$$t_{\text{спост}} = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \sim t(\alpha, v = n_1 + n_2 - 2),$$

де

$S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}$ - вибіркве середньоквадратичне відхилення:

$$S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)^2 \cdot S_1^2 + (n_2 - 1)^2 \cdot S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}},$$

де

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (y_i - \bar{Y}_1)^2}{n_1 - 1} \quad \text{і} \quad S_2^2 = \frac{\sum_{i=n_1+1}^n (y_i - \bar{Y}_2)^2}{n_2 - 1}$$

2. Перевіряється гіпотеза про рівність дисперсій:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2; \quad H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2.$$

Це здійснюється за допомогою F -критерію:

$$F_{\text{розрах}} = \frac{s_2^2}{s_1^2},$$

де дисперсії для 1-ї та 2-ї частин ряду розраховуються за формулою:

$$s_i^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2}{n - 1}.$$

Якщо $F_{\text{розрах}} \leq F_{\text{крит}}$, то гіпотеза про рівність дисперсій приймається. Якщо $F_{\text{розрах}} > F_{\text{крит}}$, то гіпотеза про рівність дисперсій відхиляється.

Метод автокореляційних функцій.

За наявності тенденції та циклічних коливань значення кожного наступного рівня ряду залежать від попередніх значень. Кореляційну залежність між послідовними рівнями часового ряду називають автокореляцією рівнів ряду.

Число періодів, якими розраховується коефіцієнт автокореляції, називається лагом. Максимальний лаг має бути не більше $n/4$.

Послідовність коефіцієнтів автокореляції рівнів першого, другого тощо порядків називають автокореляційною функцією часового ряду.

Графік залежності її значень від величини лага називається корелограмою.

Коефіцієнт автокореляції рівнів ряду першого порядку:

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1) \cdot (y_{t-1} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)^2 \cdot \sum_{t=2}^n (y_{t-1} - \bar{y}_2)^2}},$$

де

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum_{t=2}^n y_t}{n - 1}; \quad \bar{y}_2 = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-1}}{n - 1}$$

Коефіцієнт автокореляції рівнів ряду другого порядку:

$$r_2 = \frac{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3) \cdot (y_{t-2} - \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3)^2 \cdot \sum_{t=3}^n (y_{t-2} - \bar{y}_4)^2}}$$

де

$$\bar{y}_3 = \frac{\sum_{t=3}^n y_t}{n-2}; \quad \bar{y}_4 = \frac{\sum_{t=3}^n y_{t-2}}{n-2}.$$

Властивості коефіцієнта автокореляції.

Характеризує тісноту лише лінійного зв'язку поточного та попереднього рівнів ряду.

За знаком коефіцієнта не можна робити висновок про зростаючу або спадну тенденцію в рівнях ряду.

За допомогою аналізу автокореляційної функції та корелограми можна виявити структуру ряду.

Висновки про структуру часового ряду на основі коефіцієнта автокореляції.

Якщо максимальний коефіцієнт автокореляції виявився одного порядку, то досліджуваний ряд містить лише тенденцію.

Якщо максимальним виявився коефіцієнт автокореляції порядку t , ряд містить коливання з періодичністю в t моментів часу.

Якщо жоден не є значущим – ряд не містить тенденції та немає циклічної компоненти. Ряд формується під впливом випадкових факторів (можна провести додатковий аналіз на наявність нелінійної тенденції).

2. Побудова моделей.

Формування рівнів ряду визначається закономірностями трьох основних типів:

інерцією тенденції,

інерцією взаємозв'язку між послідовними рівнями ряду,

інерцією взаємозв'язку між досліджуваним показником та показниками-факторами, що надають на нього причинний вплив.

Відповідно розрізняють задачі аналізу та моделювання тенденцій, взаємозв'язку між послідовними рівнями ряду; причинних взаємодій між досліджуваним показником та показниками - факторами. Перша - вирішується з допомогою моделей кривих росту, друга - з допомогою адаптивних методів і моделей, а третя - з допомогою регресійних моделей.

Плавну криву (гладку функцію), що апроксимує часовий ряд, прийнято називати **кривою росту**. Аналітичні методи виділення (оцінки) не випадкової складової часового ряду за допомогою кривих росту реалізуються в рамках моделей регресії (частковий випадок), у яких у ролі залежної змінної виступає змінна y_t , а в ролі єдиної пояснюючої змінної – час t .

Крива росту дозволяє отримати вирівняні або теоретичні значення рівнів ЧР – \hat{y}_t (це рівні, які спостерігалися б у разі повного збігу динаміки явища з кривою).

Процедура розробки прогнозу з використанням кривих росту включає наступні етапи:

вибір однієї чи кількох кривих, форма яких відповідає характеру зміни ЧР;

оцінка параметрів вибраних кривих;

перевірка адекватності обраних кривих та остаточний вибір кривої росту;

розрахунок точкового та інтервального прогнозів.

Види математичних функцій, що описують тенденцію.

Функції з монотонним характером зростання (зменшення) та відсутністю меж зростання (зниження):

поліноми: $\hat{y}_t = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_pt^p,$

лінійна: $\hat{y}_t = a + bt,$

параболічна: $\hat{y}_t = a + bt + ct^2,$

лінійно-логарифмічна: $\hat{y}_t = a_0 + a_1 \ln t,$

степенева: $\hat{y}_t = at^b,$

гіпербола: $\hat{y}_t = a + \frac{b}{t},$

показова: $\hat{y}_t = a \cdot b^t,$

експонента: $\hat{y}_t = e^{a+bt}.$

Криві з насиченням, тобто встановлюється нижня або верхня межа зміни рівнів ряду, без точки перегину:

крива Джонсона: $\hat{y}_t = e^{a_0 + \frac{a_1}{t}},$

модифікована експонента: $\hat{y}_t = k + a_0 a_1^t,$

гіперболічна: $\hat{y}_t = a + \frac{b}{t},$

крива Гомперца: $\hat{y}_t = ka_0 a_1^t,$

друга функція Торнквіста: $\hat{y}_t = a_0 + \frac{t}{t+a_1}.$

S-подібні криві, тобто криві з насиченням, що мають точку перегину.

Описують два послідовні лавиноподібні процеси (коли приріст залежить від вже досягнутого рівня): один із прискоренням розвитку, інший – із уповільненням.

Процес побудови моделі:

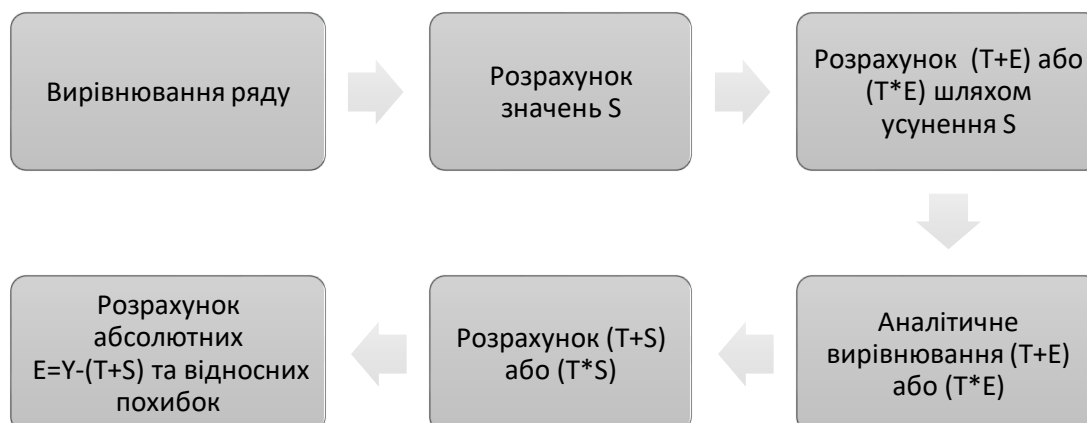


Розрахунок значень *S* для кожного рівня

Розрахунок значень *T* для кожного рівня

Розрахунок значень *E* для кожного рівня

Етапи побудови моделі вирівняного часового ряду (на прикладі адитивних та мультиплікативних моделей):



3. Оцінка якості моделей.

Перевірка **адекватності** обраних моделей реального процесу (зокрема, адекватності отриманої кривої росту) будується на аналізі випадкової компоненти $e_t = y_t - \hat{y}_t$.

Модель адекватна реальному явищу, якщо виконуються найважливіші властивості залишкової компоненти e_t :

рівність математичного очікування нулю: $M e_t = 0$,
випадковість залишків,
незалежність послідовних рівнів ряду залишків,
відповідність залишків нормальному закону розподілу.

Перевірка рівності математичного очікування нулю рівнів ряду залишків $H_0: M(e_t) = 0$.

Для цього будується t-статистика:

$$t_{\text{розрах}} = \frac{|\bar{e}|}{S} \cdot \sqrt{n} = \frac{\frac{1}{\sqrt{n}} \cdot |\sum_{t=1}^n e_t|}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2}}.$$

При рівні значимості α гіпотеза $H_0: M(e_t) = 0$ відхиляється, якщо

$$t_{\text{розрах}} > t_{\text{кр}}(\alpha, v = n - 1),$$

де

$t_{\text{кр}}(\alpha, v = n - 1)$ – критерій Стюдента з рівнем значимості α та $(n-1)$ ступенями свободи.

Перевірка випадковості залишків.

Для перевірки випадковості відхилень рівнів від тренду можуть бути також використані критерії: критерій "висхідних" і "низхідних" серій; критерій піків чи критерій поворотних точок.

Значення випадкової змінної вважається поворотною точкою, якщо воно одночасно більше (менше) сусідніх з ним елементів:

$$e_{t-1} < e_t > e_{t+1} \quad \text{або} \quad e_{t-1} > e_t < e_{t+1}.$$

Критерій випадковості відхилення від тренду, при рівні довірчої ймовірності 0,95, можна представити як:

$$p_{\text{факт}} > p_{\text{розрах}},$$

де

$$p_{\text{розрах}} = \left[\frac{(2n-1)}{3} - 1,96\sqrt{(16n-29)/90} \right] - \text{розрахункова кількість поворотних точок};$$

$p_{\text{факт}}$ - фактична кількість поворотних точок.

Перевірка незалежності залишків.

Найбільш поширеним шляхом перевірки наявності автокореляції першого порядку, тобто автокореляції між сусідніми залишковими членами ряду є критерій Дарбіна-Уотсона.

Значення цього критерію визначається за такою формулою:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}.$$

Додатково розраховується коефіцієнт автокореляції залишків 1 порядку:

$$r_{a_e} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2}.$$

При цьому контролюється рівність:

$$d \cong 2(1 - r_{a_e}) \quad \text{або} \quad r_{a_e} = 1 - \frac{d}{2}.$$

Загальний алгоритм виявлення автокореляції залишків на основі критерію Дарбіна-Уотсона є наступним. Висувається гіпотеза H_0 про відсутність автокореляції залишків. Альтернативні гіпотези H_1 і H_1^* полягають відповідно в наявності позитивної або негативної автокореляції в залишках.

Критерій d -розподілений в інтервалі $0 \dots 4$.

Відповідно до додаткових розрахунків визначається співвідношення розрахункового та табличного d -критерію, і на цій підставі приймається рішення про підтвердження та спростування відповідних гіпотез.

Існує кілька обмежень застосування критерію Дарбіна-Уотсона.

1. Він незастосовний до моделей, що включають, як незалежні змінні, лагові значення результативної ознаки.
2. Методика розрахунку та використання критерію Дарбіна-Уотсона спрямована лише на виявлення автокореляції залишків першого порядку.
3. Критерій Дарбіна-Уотсона дає достовірні результати лише для великих вибірок.

Перевірка нормальності розподілу залишків.

При нормальному розподілі показники асиметрії (A) та ексцесу (E) дорівнюють нулю.

$$A = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$E = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \right)^2} - 3$$

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}}$$

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}}$$

A - вибіркова характеристика асиметрії;

E - вибіркова характеристика ексцесу;

σ_A - середньоквадратична помилка вибіркової характеристики асиметрії;

σ_E - середньоквадратична помилка вибіркової характеристики ексцесу.

Якщо одночасно виконуються такі нерівності:

$$\begin{cases} |A| < 1,5\sigma_A; \\ \left| E + \frac{6}{n+1} \right| < 1,5\sigma_E' \end{cases}$$

то гіпотеза про нормальний розподіл випадкової компоненти не відкидається.

Якщо виконується хоча б одне з нерівностей

$$|A| \geq 2\sigma_A; \quad \left| E + \frac{6}{n+1} \right| \geq 2\sigma_E,$$

то гіпотеза про нормальний характер розподілу відкидається, трендова модель визнається неадекватною.

У разі потрапляння коефіцієнтів асиметрії та ексцесу до зони невизначеності між 1,5 та 2 одиницями середньоквадратичного відхилення:

$$1,5\sigma_A < |A| < 2\sigma_A,$$

$$1,5\sigma_E < \left| E + \frac{6}{n+1} \right| < 2\sigma_E,$$

використовуються інші критерії, зокрема RS-критерій.

Оцінка точності моделі.

Модель вважається якісною зі статистичної точки зору, якщо вона адекватна та точна.

Як статистичні показники точності моделі застосовуються:

Середньоквадратичне відхилення.

$$\hat{\sigma}_\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2}{n-k-1}},$$

де n - кількість рівнів ряду,
 k - число факторів у моделі,
 $\varepsilon_t = (Y_t - \hat{Y}_t)$ - випадковий залишок.

Чим менше значення $\hat{\sigma}_\varepsilon$ тим вища точність моделі;

Мінімальна по абсолютній величині помилка.

$(Y_t - \hat{Y}_t) \rightarrow$ *тіпередня відносна помилка апроксимації.*

$$\bar{\varepsilon}_{\text{відн}} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{y_t} \right| \cdot 100.$$

Якщо $\varepsilon_{\text{відн}} < 5\%$, то точність моделі вважається задовільною,
при $\varepsilon_{\text{відн}} > 10\%$ - низькою.

Також, точність моделі можна оцінювати і за коефіцієнтом детермінації R^2 .

4. Вибір найкращої моделі.

Вибір найкращої моделі проводиться за критеріями адекватності та точності.

Найкращою вважається та модель, яка має найкращі показники якості.

Проблеми щодо взаємозв'язку елементів часових рядів:

усунення сезонної та циклічної компоненти,

підвищений парний коефіцієнт кореляції,

автокореляція залишків,

мультиколінеарність факторів.

5. Отримання точкового та інтервального прогнозу.

Після того, як визначено параметри моделі кривої росту, точковий прогноз одержують шляхом підстановки у модель значень змінної часу у періоді проспекції. Наведемо приклад методики розрахунку точкового та інтервального прогнозу для найпростішого варіанта кривої росту – полінома першого ступеня:

$$\hat{y}_t = a + b \cdot x_t, \text{ де}$$

t, n - довжина часового ряду;

l - період проспекції;

точковий прогноз для моменту часу $t + l$ визначається:

$$\hat{y}_{t+l} = a + b \cdot x_{t+l}.$$

Оскільки ймовірність точкового прогнозу близька до нуля, далі розраховується інтервальний прогноз.

Інтервальний прогноз розраховується за співвідношенням:

$$\hat{y}_{t+l} - t_{\alpha, v} \cdot S_{(\Delta t+l)} < \hat{y}_{t+l} < \hat{y}_{t+l} + t_{\alpha, v} \cdot S_{(\Delta t+l)},$$

де

\hat{y}_{t+l} - точковий прогноз на момент часу $t + l$.

$$S_{(\Delta t+l)} = \sqrt{\left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_{t+l} - \bar{x})^2}{\sum (x_t - \bar{x})^2}\right) \cdot S_{\varepsilon}^2},$$

$$S_{\varepsilon}^2 = \frac{\sum \varepsilon_t^2}{n-2},$$

де

$t_{\alpha, v}$ - значення критерію Стюдента (α - рівень значущості та $v = n - k - 1$ - ступінь свободи, k - кількість параметрів при незалежних змінних);

$S_{(\Delta t+l)}$ - стандартна помилка прогнозу;

S_{ε}^2 - стандартна помилка апроксимації (відхилень фактичних значень від розрахункових, випадкових залишків).



Приклади

Приклад 1. Є поквартальні дані про продажі товару в регіоні за 4 роки, в тис. шт. Потрібно побудувати адитивну модель та знайти прогнозну оцінку продажу товару в 1 кварталі наступного (прогнозного) року.

1 крок. Вирівнювання рівнів ряду.

- Підсумуємо рівні ряду за кожні чотири квартали зі зрушенням на один момент часу.
- Розділивши отримані суми на 4, знайдемо ковзні середні.
- Знайдемо центровані ковзні середні - як середні значення двох послідовних ковзних середніх.

2 крок. Розрахунок сезонної компоненти S .

- Знайдемо різницю між рівнями та центрованими ковзними середніми:

$$s_t = y_t - \bar{y}_t.$$

- Розрахунок середньої оцінки сезонної компоненти для кожного кварталу за всі роки:

$$\bar{s}_t = \frac{\sum s_t}{n}.$$

- Розрахунок скоригованої сезонної компоненти:

$$S = \bar{s}_t - k,$$

$$k = \frac{\sum_{t=1}^4 \bar{s}_t}{4}.$$

Розрахунок сезонної компоненти S

№ кварталу	Продаж товару, Y_t , тис. шт.	Разом за 4 квартали	Ковзна середня за 4 квартали	Центрована ковзна середня	Оцінка сезонної компоненти, S_t
1	6,0	-	-	-	-
2	4,4	-	-	-	-
3	5,0	24,4	6,1	6,25	-1,250
4	9,0	25,6	6,4	6,45	2,550
5	7,2	26,0	6,5	6,625	0,575
6	4,8	27,0	6,75	6,875	-2,075
7	6,0	28,0	7,00	7,1	-1,100
8	10,0	28,8	7,20	7,3	2,700
9	8,0	29,6	7,40	7,45	0,550
10	5,6	30,0	7,50	7,625	-2,025
11	6,4	31,0	7,75	7,875	-1,475
12	11,0	32,0	8,00	8,125	2,875
13	9,0	33,0	8,25	8,325	0,675
14	6,6	33,6	8,4	8,375	-1,775
15	7,0	33,4	8,35	-	-
16	10,8	-	-	-	-

Розрахунок скоригованої сезонної компоненти S

Показники	Рік	Номер кварталу, i			
		1	2	3	4
	1	-	-	-1,250	2,550
	2	0,575	-2,075	-1,100	2,700
	3	0,550	-2,025	-1,475	2,875
	4	0,675	-1,775	-	-
Разом за i -й квартал (за всі роки), $\sum S_t$		1,800	-5,875	-3,825	8,125
Середня оцінка сезонної компоненти для i -го кварталу, \bar{S}_t		0,600	-1,958	-1,275	2,708
Коригована сезонна компонента, S		0,581	-1,977	-1,294	2,690

3 крок. Усунення сезонної компоненти S.

- Відніmemo скориговане значення сезонної компоненти з кожного рівня вихідного часового ряду:

$$T+E = Y_t - S_t .$$

4 крок. Розрахунок значень тренду T.

- Проведемо аналітичне вирівнювання ряду (T+E) за допомогою лінійного тренду. Отримаємо: $T=5,715+0,186*t$, причому $R^2=0,91$.
- Розрахуємо значення T для кожного моменту часу за отриманим рівнянням тренду.

5 крок. Розрахунок значень T+S.

- Додамо до рівня T значення сезонної компоненти (S) для відповідних кварталів.

6 крок. Розрахунок абсолютної помилки.

- Виконаємо розрахунок помилки для кожного рівня низки за формулою:

$$E=Y_t - (T+S).$$

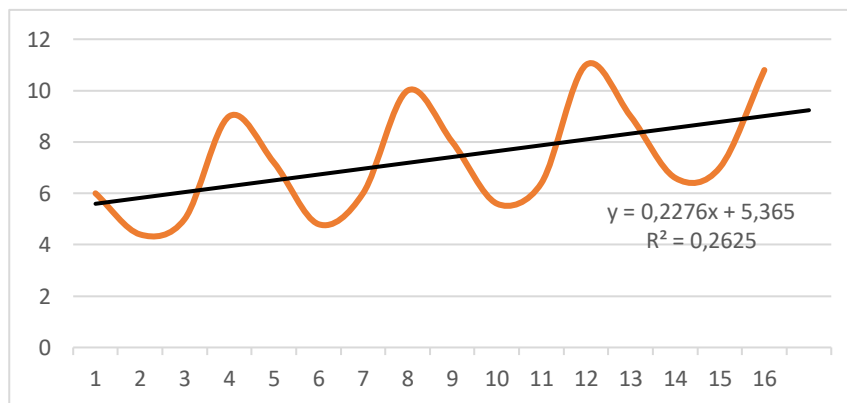
- Розрахунок суми квадратів абсолютних помилок та її порівняння із загальною сумою квадратів відхилень рівнів ряду.

Розрахунок значень T+E та T+S

t	Y_t	S_t	$T+E = Y_t - S_t$	T	T+S	$E = Y_t - (T+S)$	E^2
1	6,0	0,581	5,419	5,902	6,483	-0,483	0,2332
2	4,4	-1,977	6,377	6,088	4,111	0,289	0,0833
3	5,0	-1,294	6,294	6,275	4,981	0,019	0,0004
4	9,0	2,69	6,310	6,461	9,151	-0,151	0,0228
5	7,2	0,581	6,619	6,648	7,229	-0,029	0,0008
6	4,8	-1,977	6,777	6,834	4,857	-0,057	0,0032
7	6,0	-1,294	7,294	7,020	5,726	0,274	0,0749
8	10,0	2,69	7,310	7,207	9,897	0,103	0,0107
9	8,0	0,581	7,419	7,393	7,974	0,026	0,0007
10	5,6	-1,977	7,577	7,580	5,603	-0,003	0,0000
11	6,4	-1,294	7,694	7,766	6,472	-0,072	0,0052
12	11,0	2,69	8,310	7,952	10,642	0,358	0,1278
13	9,0	0,581	8,419	8,139	8,720	0,280	0,0785
14	6,6	-1,977	8,577	8,325	6,348	0,252	0,0634
15	7,0	-1,294	8,294	8,512	7,218	-0,218	0,0474
16	10,8	2,69	8,110	8,698	11,388	-0,588	0,3458

Прогнозна оцінка за вихідними даними:

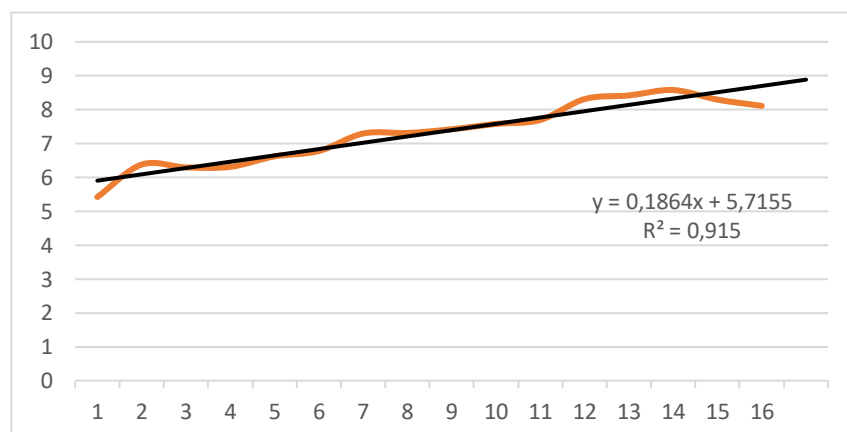
$$Y_t = 0,2276 * 17 + 5,365 = 9,234.$$



Прогнозна оцінка за адитивною моделлю часового ряду, з усуненою сезонною компонентою:

$$T_t = Y_t - S_t = 0,1864 * 17 + 5,7155 = 8,884,$$

$$Y_t = T_t + S_t = 8,884 + 0,581 = 9,465.$$



Приклад 2. Є поквартальні дані про продажі товару в регіоні за 4 роки, в тис. шт. Потрібно побудувати мультиплікативну модель та знайти прогнозу оцінку продажу товару в 1 кварталі наступного (прогнозного) року.

1 крок. Вирівнювання рівнів ряду.

Підсумуємо рівні ряду за кожні чотири квартали зі зрушенням на один момент часу.

Розділивши отримані суми на 4, знайдемо ковзні середні.

Знайдемо центровані ковзні середні - як середні значення двох послідовних ковзних середніх.

2 крок. Розрахунок сезонної компоненти S.

Знайдемо оцінки сезонної компоненти як частку від ділення рівнів на центровані ковзні середні:

$$s_t = \frac{y_t}{\bar{y}_t}.$$

Розрахунок середньої оцінки сезонної компоненти для кожного кварталу за всі роки:

$$\bar{s}_t = \frac{\sum s_t}{n}.$$

Розрахунок скоригованої сезонної компоненти:

$$S_t = \bar{s}_t \cdot k,$$

$$k = \frac{4}{\sum_{t=1}^4 \bar{s}_t}.$$

Розрахунок сезонної компоненти S

№ кварталу	Продаж товару, Y_t , тис. шт.	Разом за 4 квартали	Ковзна середня за 4 квартали	Центрована ковзна середня	Оцінка сезонної компоненти, s_t
1	72	-	-	-	-
2	100	-	-	-	-
3	90	326	81,5	81,250	1,108
4	64	324	81,0	80,000	0,800
5	70	316	79,0	77,750	0,900
6	92	306	76,5	75,750	1,215
7	80	300	75,0	74,000	1,081
8	58	292	73,0	71,500	0,811
9	62	280	70,0	68,500	0,905
10	80	268	67,0	65,750	1,217
11	68	258	64,5	63,250	1,075
12	48	248	62,0	59,500	0,807
13	52	228	57,0	54,750	0,950
14	60	210	52,5	50,250	1,194
15	50	192	48,0	-	-
16	30	-	-	-	-

Розрахунок скоригованої сезонної компоненти S

Показники	Рік	Номер кварталу, i			
		1	2	3	4
	1	-	-	1,108	0,800
	2	0,900	1,215	1,081	0,817
	3	0,905	1,217	1,075	0,807
	4	0,950	1,194	-	-
Разом за i -й квартал (за всі роки), $\sum s_t$		2,755	3,626	3,264	2,424
Середня оцінка сезонної компоненти для i -го кварталу, \bar{S}_t		0,918	1,209	1,088	0,808
Коригована сезонна компонента, S		0,913	1,202	1,082	0,803

3 крок. Усунення сезонної компоненти S.

Розділимо кожен рівень вихідного часового ряду на скориговане значення сезонної компоненти:

$$T^*E = Y/S.$$

4 крок. Розрахунок значень тренду T.

Проведемо аналітичне вирівнювання ряду (T^*E) за допомогою лінійного тренду.

Отримаємо: $T = 90,59 - 2,773 * t$, причому $R^2 = 0,92$.

Розрахуємо значення T для кожного моменту часу рівняння тренду.

5 крок. Розрахунок значень T^*S .

Помножимо рівні T значення сезонної компоненти (S) для відповідних кварталів.

6 крок. Розрахунок абсолютної помилки.

Виконаємо розрахунок помилки для кожного рівня низки за формулою:

$$E = Y / (T * S).$$

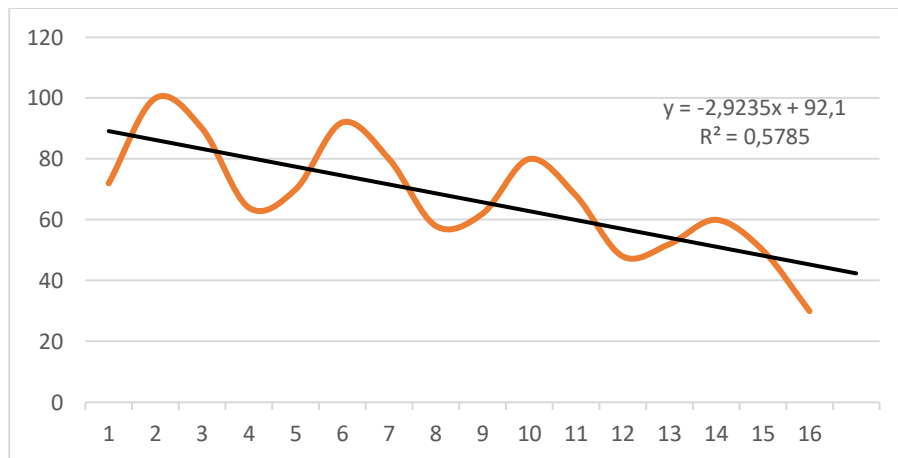
Розрахунок суми квадратів абсолютних помилок та її порівняння із загальною сумою квадратів відхилень рівнів ряду.

Розрахунок значень T^*E та T^*S

t	Y_t	S_t	$T^*E = Y_t / S_t$	T	T^*S	$E = Y_t / (T * S)$	E^2
1	72	0,913	78,86	87,80	80,16	0,898	0,806
2	100	1,202	83,19	85,03	102,2	0,978	0,956
3	90	1,082	83,18	82,25	89,00	1,011	1,022
4	64	0,803	79,70	79,48	63,82	1,003	1,006
5	70	0,913	76,67	76,70	70,03	1,000	1,000
6	92	1,202	76,54	73,93	88,86	1,035	1,071
7	80	1,082	73,94	71,15	76,99	1,039	1,080
8	58	0,803	72,23	68,38	54,91	1,056	1,115
9	62	0,913	67,91	65,60	59,90	1,035	1,071
10	80	1,202	66,56	62,83	75,52	1,059	1,121
11	68	1,082	62,85	60,05	64,98	1,047	1,096
12	48	0,803	59,78	57,28	45,99	1,044	1,090
13	52	0,913	56,96	54,50	49,76	1,045	1,092
14	60	1,202	49,92	51,73	62,18	0,965	0,931
15	50	1,082	46,21	48,95	52,97	0,944	0,891
16	30	0,803	37,36	46,18	37,08	0,809	0,654

Прогнозна оцінка за вихідними даними:

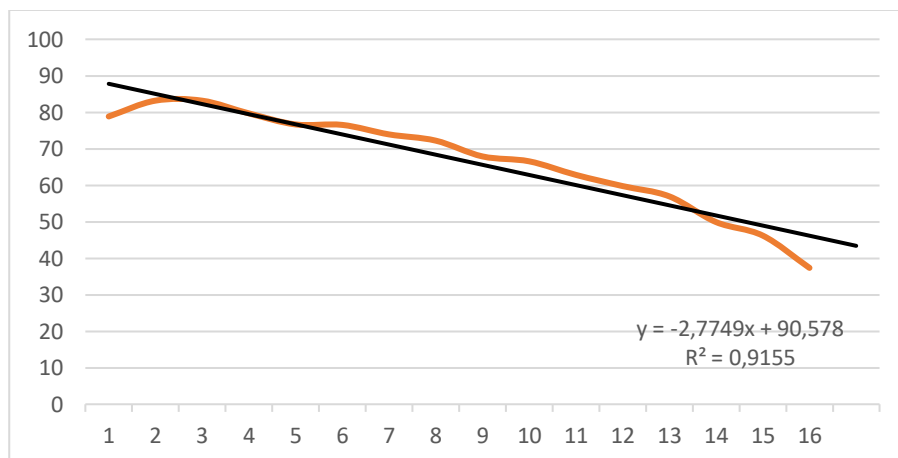
$$Y_t = -2,9235 * 17 + 92,1 = 42,401.$$



Прогнозна оцінка за мультиплікативною моделлю часового ряду, з усуненою сезонною компонентою:

$$T_t = Y_t / S_t = -2,7749 * 17 + 90,578 = 43,405,$$

$$Y_t = T_t * S_t = 43,405 * 0,913 = 39,628.$$



Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні джерела прогнозної інформації. Охарактеризуйте їх.
2. Охарактеризуйте чинники, що визначають якість статистичних даних.
3. Що таке несущільне статистичне спостереження?
4. Яку інформацію можна віднести до ендогенної, а яку до екзогенної?
5. Дайте визначення поняттю "значуща змінна моделі прогнозування".
6. Класифікуйте інформацію за функціональною ознакою. Наведіть приклади.
7. Що можна віднести до інструментальних змінних прогнозування?
8. Які проблеми виникають при агрегації інформації?
9. Назвіть основні вимоги до інформаційної бази прогнозування?
10. Чим визначаються екзогенність і ендогенність інформації?

11. Що таке значуща змінна?
12. Яка інформація називається некерованою?
13. Який показник називається керованим?
14. Як проводиться вирівнювання динамічного ряду?
15. У чому полягає метод ковзної середньої?
16. Яким чином перевіряється правильність вибору типу тренду?
17. У чому полягає метод найменших квадратів?
18. Поняття динамічного і часового ряду даних.
19. Аналіз часових рядів та його основні завдання.
20. Методи аналізу часових рядів.
21. Показники динаміки часового ряду.
22. Поняття аномального рівня часового ряду. Причини появи аномальних рівнів ряду.
23. Суть методу Ірвіна та основні задачі, які вирішуються з його допомогою.
24. Характеристика методів прогнозування тенденції часового ряду за середніми характеристиками.



Питання для дискусії

1. Чому аналіз часових рядів є важливим інструментом для розуміння та передбачення змін у даних?
2. Які основні кроки в аналізі часових рядів, і як вони допомагають виявляти залежності та тренди?
3. Які методи прогнозування можна використовувати для передбачення майбутніх значень часових рядів? Які їх переваги та обмеження?
4. Як впливають зовнішні фактори та події на аналіз та прогнозування часових рядів? Як їх можна враховувати?
5. Що таке тренд у контексті аналізу даних і чому його ідентифікація є важливою задачею?
6. Які методи і підходи можна використовувати для виявлення тренду в часових рядах?
7. Як зовнішні впливи, такі як сезонність та циклічність, можуть впливати на ідентифікацію тренду? Як їх розрізнити?
8. Чому важливо розглядати тренд на різних горизонтах часу (короткостроковий, середньостроковий, довгостроковий)? Які відмінності можуть бути помічені?
9. Які різні типи трендів можуть спостерігатися в реальних даних? Як їх розпізнати та проаналізувати?
10. Чому іноді складно визначити, коли тренд перетинається з сезонністю чи циклічністю, і як це впливає на аналіз?
11. Які можуть бути помилки або ускладнення при ідентифікації тренду, і як їх можна вирішити для досягнення більш точних результатів?



Практичні завдання

Завдання 1.

На основі даних, наведених у додатку 1, провести графічний аналіз часових рядів, визначити ряд з циклічним (сезонним) компонентом; усунути циклічний компонент та провести аналітичне вирівнювання часового ряду без впливу циклічного компоненту.

Завдання 2.

На основі даних, наведених у додатку 1, визначити пару факторів з найвищим коефіцієнтом детермінації R^2 та перевірити ці два ряди даних на наявність автокореляції з лагами: $n/1$, $n/2$, $n/3$, $n/4$.

Завдання 3.

У відповідності до варіанту (визначається викладачем за номером здобувача у журналі групи) оберіть 3 часових ряди (Ряд 2 – Ряд 14) з таблиці у додатку 1. Для обраних часових рядів, за допомогою MICROSOFT EXCEL, необхідно визначити тип функції, яка має найвищу статистичну адекватність.



Джерела

Допоміжні джерела до матеріалу теми 2:

1. Галушак М.П., Галушак О.Я., Кужда Т.І. Прогнозування соціально-економічних процесів : Навч. посіб. для економічних спеціальностей. Тернопіль : ФОП Паляниця, 2021. 160 с. С. 74-104. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/36761>).
2. Клебанова Т.С., Іванов В.В., Дубровіна Н.О. Методи прогнозування. Харків : ХНУ ім. В. Каразіна, 2002. 372 с.
3. Лук'яненко І.Г., Городніченко Ю.О. Сучасні економетричні методи у фінансах : Навч. посіб. Київ : Літера ЛТД, 2002. 352 с. С. 17-70. ISBN 966-7543-29-3.
4. Черняк О.І., Ставицький А.В. Динамічна економетрика. Київ : КВІЦ, 2000. 120 с.
5. Холден К., Піл Д., Томпсон Дж. Економічне прогнозування. Вступ. Київ : Інформтехніка, 1996. 216 с.

Іншомовні джерела щодо теорії і практики застосування часових рядів:

6. Chatfield C. The Analysis of Time Series: An Introduction. London, 1996. 283 p. ISBN 978-041-271-64-09.
7. Montgomery Douglas C., Jennings Cheryl L., Kulahci M. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. Published by John Wiley and Sons Inc, 2016. 644 p. ISBN: 978-1-118-74511-3.
8. Elliott G., Granger C., Timmermann A. Handbook of Economic Forecasting. North Holland, 2006. 1070 p. ISBN 978-044-451-39-53.
9. Box George E.P., Jenkins Gwilym M., Reinsel Gregory C., Ljung Greta M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Hoboken. New Jersey. Published by John Wiley and Sons Inc, 2015. 712 p. ISBN 978-1-118-67502-1. <http://dx.doi.org/10.1111/jtsa.12194>.
10. Michael P. Clements, David F. Hendry The Oxford Handbook of Economic Forecasting. Oxford University Press, 2011. 624 p. ISBN 978-019-539-86-49.
11. Mills Terence. Applied Time Series Analysis. A Practical Guide to Modeling and Forecasting. Academic Press, 2019. 354 p. ISBN 978-0-12-813117-6.
12. Barnett William A. Nonlinear Econometric Modeling in Time Series: Proceedings of the Eleventh International Symposium in Economic Theory. Cambridge University Press, 2000. 240 p. ISBN 978-0-521-02868-4.

Безкоштовні онлайн-курси для набуття навичок роботи з часовими рядами засобами EXCEL:

	Word та Excel: інструменти і лайфхаки	
	Візуалізація даних	
	Analytics with Excel and R	
	Основи роботи з Excel для аналізу даних	
	Вступ до аналізу даних	
	Introduction to Data Analysis using Microsoft Excel	

Тема 3. ФОРМАЛІЗОВАНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ



Ключові слова

Формальна екстраполяція, прогнозна екстраполяція, поняття тенденції, способи встановлення наявності тенденції. Прості методи екстраполяції тенденції: екстраполяція на основі аналітичних показників рядів динаміки, на основі плинної середньої та екстраполяція на основі індексу сезонності. Динамічний ряд, тренд, криві росту, поліноміальні криві, експоненціальні криві, S-подібні криві, метод найменших квадратів, адекватність моделі. Особливості адаптивних методів короткострокового прогнозування, прогнозування методом ковзної середньої, метод експоненціального згладжування, аналіз моделей вибору значення коефіцієнта згладжування.



Поняття та його визначення

Трендом називають аналітичне чи графічне уявлення зміни змінної у часі, отримане внаслідок виділення регулярної (систематичної) складової динамічного ряду.

Факторна економетрична модель – це регресійна модель, яка встановлює залежність між економічними показниками, один з яких є залежною (пояснювальною) змінною, а інші – незалежними (пояснюючими) змінними. Різні математичні функції використовуються для опису зв'язку між результуючою та факторною (факторними) ознаками. Для відображення економічних процесів існує велика кількість видів моделей як однофакторних, так і багатфакторних.



Основні теоретичні положення

3.1. Особливості та основні етапи реалізації формалізованих методів прогнозування

До формалізованих методів прогнозування відносяться методи екстраполяції та методи моделювання. Вони базуються на математичній теорії. Загалом формалізовані методи передбачають використання у процесі прогнозування різноманітних економіко-математичних моделей.

Основними цілями побудови економіко-математичних моделей є:

- вивчення структури економічного об'єкта, що моделюється;
- виявлення суттєвих зв'язків між елементами, що його утворюють, встановлення причинних залежностей;
- вивчення поведінки об'єкта в цілому як замкнутої динамічної системи;
- прогнозування поведінки об'єкта у майбутньому.

Методика реалізації формалізованих методів прогнозування включає такі етапи.

Перший етап присвячений постановці проблеми. Його мета – знайти серед різних напрямів економічної діяльності такі питання, які можуть бути вирішені на рівні розвитку економіко-математичних методів.

Другий етап дослідження полягає у побудові математичної моделі досліджуваного об'єкта та її ідентифікації, тобто підборі значень параметрів моделі. Насамперед, встановлюється, які змінні будуть розглянуті в моделі, тобто описується так званий простір змінних моделі. Потім формулюються зв'язки, що накладаються на змінні моделі, які відповідають уявленням про систему, що вивчається.

Третій етап – дослідження одержаної моделі. Попередньо необхідно вибрати спосіб аналізу моделі для вирішення проблем, сформульованих першому етапі дослідження. Існує кілька основних методів аналізу економічних моделей: якісний аналіз, метод оптимізації, імітаційний підхід, метод варіантних розрахунків, статистичні методи, експертний метод тощо. На цьому етапі найважливішим напрямом оцінки якості моделі є визначення її точності. Оскільки більшість економічних показників є величинами не точними, а наближеними, у процесі їхнього обчислення та використання треба виявити міру точності показників та враховувати її при формулюванні висновків. При цьому слід зазначити, що на даному етапі може бути встановлена неадекватність отриманої моделі реально описаним нею процесам. При цьому необхідно повернутися до другого етапу та наново здійснити побудову моделі.

Четвертий етап – проведення аналітичних та прогнозних розрахунків за отриманою моделлю. Формалізовані методи, які застосовуються для розробки прогнозів, значні за кількістю та номенклатурою.

Характеристика методів екстраполяції.

Усі методи екстраполяції поєднує те, що вони проектують на майбутнє перебіг подій, що склався в минулому. Для цього використовуються математичні функції, що відображають хронологічний розвиток процесу. При цьому не встановлюються жодні причинні зв'язки. Вважається, що дієві в минулому сили без істотних змін діятимуть і в майбутньому.

Розрізняють формальну та прогнозну екстраполяцію. *Формальна екстраполяція* базується на припущенні про збереження в майбутньому минулих та реальних тенденцій розвитку об'єкта прогнозу. При *прогнозній екстраполяції* фактичний розвиток пов'язується з гіпотезами про динаміку досліджуваного процесу з урахуванням змін впливу різних факторів у перспективі. Основу екстраполяційних методів прогнозування становить вивчення динамічних рядів.

Динамічний ряд – це множина спостережень, отриманих послідовно у часі. Для того, щоб хоч якісь методи екстраполяції взагалі мало б сенс застосовувати, потрібно, щоб:

- навколишні умови мали певну стабільність;
- використовувані методи екстраполяції могли б виключити випадкові коливання часового ряду або, принаймні, їх згладити;
- наявні дані про минуле охоплювали б якомога більший період і, принаймні, містили такий самий обсяг інформації, як і бажаний прогноз;
- часовий ряд економічного показника справді має тренд.



Трендом називають аналітичне чи графічне уявлення зміни змінної у часі, отримане внаслідок виділення регулярної (систематичної) складової динамічного ряду.

Загалом розрізняють такі класи методів екстраполяції:

Методи *прості екстраполяції*, які ігнорують наявність чи відсутність тренду. До них відносяться екстраполяції: за середнім значенням рівнів ряду, за середньорічним темпом зростання, за середнім абсолютним приростом, за ковзною середньою (простою чи зваженою), за плинною середньою, тощо.

Методи *складної екстраполяції*, які виходять з наявності у часовому ряді трендової компоненти. До них відносяться: аналітичне вирівнювання динамічних рядів (наприклад, шляхом застосування методу найменший квадратів), адаптивне прогнозування (наприклад, експоненціальне згладжування), тощо.

Методи простої екстраполяції застосовуються, якщо дані за минулі періоди не мають помітної тенденції та їхнє відхилення від середніх значень не обумовлені сезонними чи кон'юнктурними факторами. Якщо є лінійний або нелінійний тренд (що означає, що динамічний ряд характеризується певним зростанням або, навпаки, зниженням значень, які наближаються до якоїсь лінійної або нелінійної функції), то в даному випадку використовуються методи складної екстраполяції за трендом. Тут також важливо, що відхилення від тренду не обумовлені ні сезонними, ні кон'юнктурними факторами, тобто можуть мати винятково випадковий характер. Щоб вплив сезонних та кон'юнктурних причин виключити чи, навпаки, їх виявити, потрібні спеціальні методи, які є особливо складними тоді, коли такі цикли накладаються на лінійний чи нелінійний тренд. У даний час налічується велика кількість типів кривих росту

для опису економічних процесів у рамках використання методів екстраполяції. Найчастіше в економіці застосовуються поліноміальні, експоненціальні та S-подібні криві зростання.

Основні етапи прогновної екстраполяції.

Етап 1. Збір вихідної інформації про значення досліджуваної характеристики у ретроспективному періоді та побудову часового ряду.

Етап 2. Попередня обробка вихідної інформації з метою наближення часового ряду до тренду; згладжування часового ряду; побудова графіка згладженого часового ряду.

Етап 3. Дослідження логіки перебігу процесу загалом, зокрема гіпотези його протікання у майбутньому.

Етап 4. Візуальний аналіз графіка згладженого ряду для приблизного визначення виду відповідного тренду з простих функцій.

Етап 5. Розрахунок параметрів обраної функції екстраполяції. Побудова точкового прогнозу.

Етап 6. Розрахунок меж довірчого інтервалу прогнозу; побудова інтервального прогнозу; змістовна інтерпретація одержаних прогнозних результатів.

Прогнозування на основі екстраполяції тенденції має кілька переваг. До переваг простих методів можна віднести наступне:

- Вони мають просту структуру, що робить їх доступними для широкого кола спеціалістів.
- Для їх виконання можна використовувати прості обчислювальні технології.
- Розрахунки проводяться швидко, що дозволяє отримувати оперативні результати.
- Для використання цих методів потрібний відносно невеликий обсяг вхідної інформації.

Таким чином, прості методи екстраполяції тенденції мають певні переваги, які роблять їх зручними і ефективними для швидкого прогнозування.

3.2. Методи простої екстраполяції

1. Найпростішими з методів **простої екстраполяції** є "наївні" методи.

"Наївне" прогнозування ґрунтується на припущенні, що попереднє значення найкраще передбачає майбутнє.

Перший варіант. Прогнозне значення приймається рівним попередньому фактичному значенню, такий прогноз називають прогнозом без змін.

Другий варіант. Наївний прогноз, який можна отримати з огляду на останні абсолютні чи відносні зміни показників. Він застосовується, якщо значення фактичних величин змінюються у часі.

2. Методи прогнозування, що ґрунтуються на розрахунку середніх, застосовуються, коли оперативно потрібно оновлювати прогнози, що містять велику кількість вихідних даних. Обмеженість їхнього застосування полягає в тому, що вони дозволяють отримати прогнозне значення тільки на період часу, що безпосередньо наступає за аналізованим. *Прості середні* відносяться до простої екстраполяції, а *ковзні середні* відносяться вже до складної екстраполяції.

Методи простих середніх.

Прогнозне значення розраховується на основі узагальнених середніх характеристик часового ряду у ретроспективному періоді. Ці показники є виразом динаміки за увесь період одним усередненим числом.

У самому простому випадку, на припущенні про те, що середній рівень ряду не має тенденції до зміни або якщо ця зміна незначна, можна вважати, що:

$$y_{i+1} = \bar{y},$$

де y_{i+1} – прогнозоване значення,
 \bar{y} – середнє значення рівнів ряду.

Подібна екстраполяція дає точкову оцінку.

Екстраполяція на основі аналітичних показників рядів динаміки.

Динамічні ряди можна поділити на дві категорії залежно від часового проміжку, який вони охоплюють: моментні та інтервальні.

У моментних рядах динаміки рівні виражають величину явища в певну дату. Наприклад, це можуть бути залишки готової продукції на початок кожного місяця або вартість основних фондів на кінець року.

У інтервальних рядах рівні виражають розміри явищ за певний період часу, наприклад, випуск продукції за місяць, квартал або рік.

При побудові динамічних рядів важливо забезпечити порівнянність рівнів у ряду. Це означає, що всі рівні повинні бути виражені в однакових одиницях виміру, розраховуватися за однією методологією та включати однаковий набір об'єктів для аналізу.

Позначимо:

y_1 — початкове значення рівня динамічного ряду;

y_n — кінцеве значення рівня динамічного ряду;

y_i — умовно прийнятий (i -й) рівень динамічного ряду;

n — кількість елементів динамічного ряду.

Наведемо основні аналітичні показники динамічного ряду, які використовуються у прогнозуванні:

а) абсолютний приріст:

1) ланцюговий $\Delta^y y_i = y_i - y_{i-1};$

2) базисний $\Delta y_i = y_i - y_1;$

б) середній абсолютний приріст $\bar{\Delta} y = \frac{y_n - y_1}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \Delta^y y_i}{n-1};$

в) коефіцієнт росту:

1) ланцюговий $K_{P_i} = \frac{y_i}{y_{i-1}};$

2) базисний $K_{P_i} = \frac{y_i}{y_1};$

3) за весь період $K_{P_n} = \frac{y_n}{y_1};$

г) коефіцієнт приросту $K_{np} = k_p - 1;$

д) середній коефіцієнт росту $\bar{k}_p = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}};$

е) середній коефіцієнт приросту $\bar{k}_{np} = \bar{k}_p - 1;$

ж) абсолютний розмір 1% приросту:

1) ланцюговий $\Delta y_{1\%} = \frac{y_i - y_{i-1}}{\frac{y_i - y_{i-1}}{100} y_{i-1}} = \frac{y_{i-1}}{100};$

2) за весь період $\bar{\Delta} y_{1\%} = \frac{\bar{\Delta} y}{k_{np}};$

з) коефіцієнт випередження (відставання)

$$k = \frac{y_i}{y_{i-1}}; \frac{x_i}{x_{i-1}}$$

На основі наведених аналітичних показників, які широко застосовуються для оцінки динамічних рядів, можна вивести залежності, що можуть бути використані для побудови прогнозів:

$$\hat{y}_{n+1} = y_n + \Delta^y y_n; \quad \Delta^y y_n = y_n - y_{n-1},$$

$$\hat{y}_{n+T} = y_n + \bar{\Delta} y \cdot T,$$

$$\hat{y}_{n+1} = y_n \cdot k_{p_n}; \quad k_{p_n} = \frac{y_n}{y_{n-1}},$$

$$\hat{y}_{n+T} = y_n \cdot \bar{k}_p^T,$$

де \hat{y} — тут і далі таким чином позначаються прогнознi значення показника.

T — величина періоду упередження прогнозу ($T = 1; 2; 3 \dots$).

Суттєвим недоліком показників середнього абсолютного приросту та середнього коефіцієнта росту є те, що їхні значення цілком залежать тільки від крайніх рівнів динамічного ряду. Проміжні значення, які багато в чому, а іноді і в вирішальній мірі, визначають тенденцію змін показників, по суті в розрахунках не беруть участі.

3. Метод ковзної середньої дозволяє абстрагуватися від випадкових коливань часового ряду, що досягається шляхом заміни значень всередині обраного інтервалу середньою арифметичною величиною.

Інтервал, величина якого залишається постійною, поступово зсувається на одне спостереження. Величина інтервалу (P) може приймати будь-яке значення: від мінімального ($P=2$) до максимального ($P=n-1$), де n — довжина часового ряду, що розглядається. Згладжений ряд коротший від початкового на $(P-1)$ спостереження.

Метод простої ковзної середньої.

Прогноз будується з урахуванням не всіх спостережень, а певної кількості останніх спостережень. Як тільки нове спостереження стає доступним, воно включається до розрахункової формули, а найстаріше виключається. Ковзне середнє порядку k — це середнє значення k послідовних спостережень.

Метод подвійної простої ковзної середньої.

Представляє складнішу двоетапну процедуру усереднення. Спочатку часовий ряд згладжується методом простої ковзної середньої, а потім повторюється процедура усереднення для розрахованих значень.

Для побудови прогнозу розраховуються сума первинної ковзної середньої та різниці між первинною та вторинною ковзною середньою a_t та коефіцієнт коригування b_t :

$$a_t = \bar{y}_t + (\bar{y}_t - \bar{y}_{t-1}) = 2\bar{y}_t - \bar{y}_{t-1},$$

$$b_t = \frac{2}{k-1}(\bar{y}_t - \bar{y}_t).$$

Відповідно, прогнозне значення на T періодів наперед визначається за формулою:

$$\bar{y}_{t+T} = a_t + b_t T.$$

4. Метод плинної середньої.

Метод плинної середньої базується на використанні залежності:

$$\Delta x_t + 1 = \lambda_t x_t + \lambda_{t-1} \Delta x_{t-1} + \lambda_{t-2} \Delta x_{t-2} + \dots + \lambda_{t-(n-1)} \Delta x_{t-(n-1)},$$

де n — кількість періодів ретроспекції.

Коефіцієнт λ_i розраховується за формулою:

$$\lambda_i = \frac{i \cdot \beta}{n};$$

де i — число, яке означає послідовний натуральний ряд ретроспекції, починаючи з останнього;
 β — визначається за таблицею, поданою нижче:

n	3	4	5	6	7	8
β	0,500	0,400	0,333	0,286	0,250	0,222

Наприклад, визначимо значення λ для п'яти років.

Згідно з даними наведеної вище таблиці при $n=5$, $\beta=0,333$.

Звідси:

$$\lambda_1 = \frac{1 \cdot 0,333}{5} = 0,067, \quad \lambda_2 = \frac{2 \cdot 0,333}{5} = 0,133,$$

$$\lambda_3 = \frac{3 \cdot 0,333}{5} = 0,200, \quad \lambda_4 = \frac{4 \cdot 0,333}{5} = 0,267,$$

$$\lambda_5 = \frac{5 \cdot 0,333}{5} = 0,333.$$

Якщо підставити розраховані значення λ у формулу плинної середньої, отримаємо:

$$\Delta x_{t+1} = 0,333\Delta x_t + 0,267\Delta x_{t-1} + 0,200\Delta x_{t-2} + 0,133\Delta x_{t-3} + 0,067\Delta x_{t-4}.$$

Особливістю методу плинної середньої є те, що рівень показників, який знаходиться ближче до прогнозованого періоду, чинить більший вплив на значення прогнозованих показників, порівняно з віддаленими періодами. Досягається це завдяки коефіцієнту λ .

Отже, прогнозні значення показників розраховуються наступним чином:

$$\hat{x}_{t+1} = x_t + 0,333\Delta x_t + 0,267\Delta x_{t-1} + 0,200\Delta x_{t-2} + 0,133\Delta x_{t-3} + 0,067\Delta x_{t-4},$$

$$\hat{x}_{t+2} = \hat{x}_{t+1} + 0,333\Delta x_t + 0,267\Delta x_{t-1} + 0,200\Delta x_{t-2} + 0,133\Delta x_{t-3},$$

$$\hat{x}_{t+3} = \hat{x}_{t+2} + 0,333\Delta x_t + 0,267\Delta x_{t-1} + 0,200\Delta x_{t-2},$$

$$\hat{x}_{t+4} = \hat{x}_{t+3} + 0,333\Delta x_t + 0,267\Delta x_{t-1},$$

$$\hat{x}_{t+5} = \hat{x}_{t+4} + 0,333\Delta x_t.$$

Зазвичай прогноз, що базується на середньорічних коефіцієнтах росту, незначно випереджає прогноз, що складений за методом плинної середньої. Однак, визначити, який прогноз буде точнішим, наперед складно.

Проте метод плинної середньої має перевагу у тому, що враховує значення всіх даних ретроспекції у певній мірі, тоді як середньорічний коефіцієнт росту залежить від крайніх значень динамічного ряду.

Наявність альтернативних методів прогнозування дозволяє фахівцям вибрати найбільш прийнятний прогноз на основі їх досвіду, знань і інтуїції.

3.3. Методи складної екстраполяції

Методи складної екстраполяції базуються на виявленні та використанні тренду.

Часові ряди відрізняються від простих статистичних вибірок у фіксований час наступними ознаками:

- послідовні в часі показники часових рядів є взаємозалежними, особливо це стосується близьких спостережень;

- залежно від моменту спостереження показники часового ряду мають різну інформативність: інформаційна цінність спостережень зменшується в міру їхнього віддалення від поточного моменту часу;

- зі збільшенням кількості показників часового ряду точність статистичних характеристик не збільшуватиметься пропорційно до кількості спостережень, а при появі нових закономірностей розвитку вона може навіть зменшуватися.

Основне правило побудови часових рядів – необхідність забезпечення сумісності його окремих показників. Для цього всі елементи повинні характеризувати явище, що вивчається, за рівні проміжки часу або фіксувати стан ознаки через рівні інтервали. Кожне значення показника в часовому ряду необхідно розраховувати за єдиною методикою і виразити в тих самих одиницях вимірювання. Кількість вимірювань має бути достатньою представницькою, щоб виявити стійку тенденцію.

Загальна характеристика методів складної екстраполяції.

Важливою складовою динамічних процесів є тенденція зміни середньої, тобто основний напрям розвитку. При аналізі динамічних рядів широко застосовуються методи екстраполяції трендів (трендове прогнозування), в яких тенденцію представляють у вигляді плавної траєкторії та описують певною функцією:

$$y = f(t),$$

де t – змінна часу.

На основі такої функції здійснюється вирівнювання динамічного ряду і прогнозування подальшого розвитку процесу. Рівняння тренду описує фактичну усереднену на основі ретроспективної частини тенденції розвитку процесу. Результат при цьому пов'язується виключно з плинном часу. Припускається, що через час можна виразити вплив усіх основних факторів, він акумулює всю їхню дію, яку і виражає у рівнянні тренду.

Екстраполяція трендів може бути застосована лише у тому випадку, коли розвиток явища достатньо добре описується побудованим рівнянням, а умови, які визначали тенденцію розвитку у минулому, не зазнають значних змін і у майбутньому.

При додержанні цих умов екстраполяція здійснюється шляхом підстановки у рівняння тренду значення незалежної змінної t , яка відповідає величині горизонту прогнозування.

Процедура прогнозування за допомогою екстраполяції трендів включає наступні етапи:

- збір інформації про розвиток показника за минулі періоди;
- обґрунтування (вибір) оптимального типу функції, яка б адекватно описувала характер динаміки;
- оцінювання параметрів обраної функції.
- розрахунок прогнозу на майбутнє по обраній функції.

Вибір оптимальної математичної функції, яка найкраще відображає математичну залежність у ряду даних, здійснюється за допомогою аналітичного вирівнювання динамічного ряду. Докладно ця процедура розглянута у розділі 2 даного посібника, у темі, присвяченій динамічним рядам.

Аналітичне вирівнювання динамічних рядів - це знаходження математичної функції, яка найточніше описує тенденцію змін досліджуваного явища.

Етапи аналітичного вирівнювання:

- вибір функції, що відображає тенденцію змін;
- визначення параметрів функції, що надають кількісну характеристику тенденції зміни;
- оцінка статистичної достовірності та надійності параметрів функції.

Тобто, при виборі виду функції необхідно вирішити два питання.

По-перше, чи адекватно функція відповідає досліджуваним процесам і наскільки вона відображає закономірність тенденції, що склалася.

По-друге, чи відповідає вона статистичним критеріям. Під адекватністю розуміють здатність функції найбільш точно відображати природу явищ, що досліджуються. Статистична оцінка означає відповідність функції окремим критеріям, які виражаються системою статистичних характеристик.

Функція тренду може бути описана широким спектром залежностей. На практиці переважно використовують функції, параметри яких мають конкретну інтерпретацію залежно від характеру динаміки.

Найбільш розповсюдженим методом визначення параметрів функції тренду є **метод найменших квадратів**.

Обґрунтування вибору найбільш оптимальної залежності базується на гіпотезі, що оцінка тенденції буде тим краща, чим меншими будуть відхилення реальних спостережень від розрахункової функції.

Обчислені різниці між реальними даними та оціночною функцією називаються залишками. З метою уникнення взаємного погашення залишків з різним знаком, залишки підносяться у квадрат. Суми квадратів залишків і є тією мірою, яка найбільш часто використовується для визначення кращої функції. Саме на цьому принципі базується *метод найменших квадратів*, відповідно до якого кращою оціночною функцією буде та, яка забезпечує мінімальну суму квадратів залишків:

$$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min$$

Вибір типу функції завершує лише певний етап прогнозування. Оскільки різні дослідники можуть надавати перевагу тій чи іншій функції, то наступний крок полягає у визначенні параметрів функцій та у оцінці якості статистичних характеристик функції.

Якість функцій тренду оцінюється за системою різних показників (характеристик). Найбільш суттєвим показником для оцінки функції є коефіцієнт кореляції між змінним та незмінним параметром функції.

Використання процедури, заснованої на методі найменших квадратів, передбачає обов'язкове задоволення низки передумов, невиконання яких може призвести до значних помилок.

1. Випадкові помилки мають нульову середню, кінцеві дисперсії та коваріації.
2. Кожне вимірювання випадкової помилки характеризується нульовим середнім, що не залежить від значень змінних, що спостерігаються.
3. Дисперсії кожної випадкової помилки однакові, їхні величини незалежні від значень змінних, що спостерігаються (гомоскедастичність).
4. Відсутність автокореляції помилок, тобто значення помилок різних спостережень незалежні один від одного.
5. Нормальність. Випадкові помилки мають нормальний розподіл.
6. Значення ендогенної змінної x вільні від помилок вимірювання та мають кінцеві середні значення та дисперсії.

Недолік методу найменших квадратів полягає у тому, що модель тренду жорстко фіксується, і з допомогою цього методу можна отримати надійний прогноз на невеликий період упередження. Тому МНК належить головним чином до методів короткострокового прогнозування.

Інструментарій застосування методу найменших квадратів та визначення якості параметрів функції наразі широко реалізований у багатьох програмних продуктах, зокрема, у Microsoft Excel та подібних йому статистичних пакетах у інших застосунках.

Метод експоненціального згладжування.

Для багатьох економічних процесів характерні як стабільні, так і раптові зміни, що суттєво впливають на параметри функції тренду, розраховані для різних періодів, а також на результати прогнозу. Коли ми використовуємо функцію тренду для прогнозування, всі рівні ряду мають однаковий вплив на параметри функції і визначають рівень прогнозованих показників однаково. Проте при прогнозуванні багатьох економічних процесів останній досягнутий показник має більший вплив, ніж його попередні значення з певною затримкою. З часом, вплив ранніх значень ряду на прогноз поступово зменшується. Отже, прогноз головним чином залежить від рівнів ряду, що найближчі до початку прогнозного періоду, тобто від більш свіжих спостережень.

Адаптивні методи прогнозування базуються на урахуванні цих закономірностей. Суть таких методів полягає в постійній адаптації прогнозних результатів до нової інформації, що означає більшу чутливість прогнозів до останніх даних. Це значно підвищує точність прогнозування.

Найпоширенішим адаптивним методом прогнозування є *експоненціальне згладжування*. Цей метод використовується для вирівнювання динамічних рядів, які мають великі коливання, з метою подальшого прогнозування. Суть експоненціального згладжування полягає у згладжуванні часового ряду за допомогою зваженої ковзної середньої. Основні переваги цього методу включають можливість врахування ваги вихідної інформації, простоту обчислювальних операцій і гнучкість у описі різних динамік процесів.

Метод експоненціального згладжування дозволяє отримати оцінку параметрів тренду, які характеризують не просто середній рівень процесу, а й тенденцію, що склалася до останнього спостереження. Цей метод найбільш ефективно застосовується для середньострокових прогнозів. Однак, найскладнішим аспектом методу експоненціального згладжування є вибір параметра згладжування α , початкових умов і ступеня прогнозного полінома.

Застосування методу експоненціального згладжування ґрунтується на двох основних припущеннях. Перше припущення стверджує, що кожне нове значення в ряду залежить від усіх попередніх значень. Вплив попередніх значень поступово знижується в геометричній прогресії, пропорційно віддаленості від поточного моменту у часі.

Принцип дії методу експоненціального згладжування можна описати за допомогою наступного рівняння:

$$\hat{Y}_t = Y_{t-1} + \alpha Y_{t-2} + \alpha^2 Y_{t-3} + \dots, \quad \text{де } 0 \leq \alpha < 1$$

Отже, метод експоненціального згладжування дозволяє створити модель процесу, в якій пізні спостереження мають більший вплив в порівнянні з ранніми спостереженнями. При цьому вага спостережень поступово зменшується від попередніх до наступних. Вираз:

$$S_t = \alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha) S_{t-1} \quad (\text{менш розповсюджений варіант})$$

або

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) S_{t-1} \quad (\text{більш розповсюджений варіант})$$

називається експоненціальною середньою k -го порядку для ряду Y_t , де α – параметр згладжування. На практичному рівні найбільшого розповсюдження набула модель з двома повторами згладжування, тобто спочатку згладжування застосовується до початкових даних, а потім – до змодельованих значень, одержаних на першому етапі. При цьому, при повторному згладжуванні можна узяти інше значення α . Це означає, що розраховуються експоненціальні середні лише першого та другого порядку. Для більшості завдань прогнозування цього достатньо.

Для розрахунку експоненціальної середньої першого та другого порядку, з врахуванням повторності згладжування, користуються рекурентними формулами:

$$\begin{aligned} S_t^{[1]} &= \alpha Y_t + (1 - \alpha) S_{t-1}^{[1]}, \\ S_t^{[2]} &= \alpha S_t^{[1]} + (1 - \alpha) S_{t-1}^{[2]} \end{aligned}$$

де: $S_t^{[1]}$ – експоненціальна середня 1-го порядку для спостереження у момент часу t ;
 $S_t^{[2]}$ – експоненціальна середня 2-го порядку для спостереження у момент часу t ;
 α – параметр згладжування.

Важливо!

1. У спеціальній літературі розглянута вище модель має назву "однопараметрична модель Брауна (з одним параметром згладжування α)" або ж "адаптивна поліноміальна модель першого порядку". Слід звернути увагу, що термін "порядок" застосовується у двох різних значеннях. Коли мова йде про експоненціальну середню k -го порядку, то число порядку означає кількість повторів згладжування. У виразі "поліноміальна модель першого порядку" термін "порядок" означає, що використовується поліном – це лінійна функція. Існує також "адаптивна поліноміальна модель другого порядку", що означає використання поліному у вигляді параболічної функції. І так далі.

Крім того, поряд з "однопараметричною моделлю Брауна" існує також "двопараметрична модель Хольта", де використовується два параметри згладжування.

2. Метод експоненціального згладжування не слід плутати з методом експоненціальної зваженої ковзної середньої та методом підгонки тренду за експоненціальною функцією (поліномом).

Використання вищенаведених формул передбачає попередній розрахунок початкових рівнів $S_0^{[1]}$, $S_0^{[2]}$ у момент часу $t=1$ та параметру згладжування α .

Існує три основних підходи до визначення рівнів $S_0^{[1]}$, $S_0^{[2]}$.

Відповідно до першого: $S_0^{[1]} = Y_1$, $S_0^{[2]} = S_1^{[1]}$, тобто початковими рівнями стають перші спостереження у кожному ряду.

Відповідно до другого: $S_0^{[1]} = \bar{Y}_{1,2,3\dots m}$, $S_0^{[2]} = \bar{Y}_{1,2,3\dots m}$, тобто початковими рівнями стає середньоарифметична декількох перших спостережень у ряду Y_t .

У третьому варіанті по суті застосовується інтерполяція первинного ряду Y_t за формулою Брауна-Мейера, що зв'язує коефіцієнти прогнозуючого полінома з експоненціальними середніми відповідних порядків. Відповідно до цього підходу рівні $S_0^{[1]}$, $S_0^{[2]}$ визначаються як умовно такі, що передують першому спостереженню у ряду Y_t і розраховуються на основі параметрів поліному. Складністю цього підходу є те, що він не універсальний, для кожного типу поліному потрібно використовувати свою технологію обрахунку.

Точність та адекватність визначення початкових рівнів $S_0^{[1]}$, $S_0^{[2]}$ має принципове значення за умови, по-перше, монотонності ряду динаміки та, по-друге, невеликої кількості його членів. Якщо ряд динаміки не монотонний та містить більше 10-15 членів, точність визначення початкових рівнів не має особливого значення.

Важливу роль у методі експоненціального згладжування грає вибір оптимального параметра згладжування α , оскільки саме він визначає оцінки коефіцієнтів моделі, отже, і результати прогнозу.

Залежно від величини параметра α прогнозні оцінки по-різному враховують вплив вихідного ряду спостережень: чим більше α , тим більше внесок останніх спостережень у формування тренду, а вплив початкових рівнів швидко зменшується. При малому α прогнозні оцінки враховують усі спостереження, при цьому зменшення впливу "старішої" інформації відбувається повільно. Застосування параметра α зумовлює спадання з часом впливу початкового рівня ряду на наступні рівні. Це спадання відбувається за експонентою, що і зумовило назву "метода експоненціального згладжування".

Відомі два основні співвідношення, що дозволяють знайти наближену оцінку α . Перше співвідношення Брауна, виведене з умови рівності ковзної та експоненціальної середньої:

$$\alpha = \frac{2}{N+1},$$

де N – число точок ряду, для яких динаміка ряду вважається однорідною і стійкою (період згладжування).

Другим є співвідношення Мейера:

$$\alpha \approx \frac{\sigma_n}{\sigma_\varepsilon},$$

де σ_n – середньоквадратична помилка моделі; σ_ϵ – середньоквадратична помилка вихідного ряду. Однак використання співвідношення Мейєра утруднене тим, що достовірно визначити σ_n і σ_ϵ з вихідної інформації дуже складно.

Чим ближче до нуля α тим більше довжина вихідного ряду спостережень $t \rightarrow \infty$ і, отже, тим менша помилка прогнозу. Тому для зменшення помилки прогнозу необхідно вибирати мінімальне α .

У той же час параметр α визначає початкові умови, і, чим менше α , тим нижча точність визначення початкових умов, отже, погіршується і якість прогнозу. Помилка прогнозу зростає зі зменшенням точності визначення початкових умов.

Таким чином, розрахунок експоненціальних середніх призводить до суперечності щодо параметра згладжування: зі зменшенням α зменшується середньоквадратична помилка, але при цьому зростає помилка у початкових умовах, що у свою чергу впливає на точність прогнозу. У ряді випадків параметр α вибирається таким чином, щоб мінімізувати помилку прогнозу, розрахованого за ретроспективною інформацією. Дуже суттєвим для практичного використання є питання про вибір порядку прогнозуючого полінома, що в багато в чому визначає якість прогнозу. Перевищення другого порядку моделі не призводить до суттєвого збільшення точності прогнозу, але значно ускладнює процедуру розрахунку.

Аналітичне вирівнювання відомих членів ряду динаміки та визначення прогнозних значень ряду, у відповідності до розрахованих експоненціальних середніх, здійснюється за формулою:

$$\hat{S}_{t+1} = \left(2 + \frac{\alpha}{1-\alpha}\right) S_t^{[1]} - \left(1 + \frac{\alpha}{1-\alpha}\right) S_t^{[2]},$$

де \hat{S}_{t+1} – вирівняне або прогнозне значення ряду на один часовий проміжок вперед.

Особливістю розрахунку прогнозних значень за методом експоненціального згладжування є те, що, на основі розрахованих експоненціальних середніх, прогноз робиться тільки на один проміжок часу вперед. Тобто формула розрахунку прогнозу також є рекурентною. Якщо потрібно розрахувати прогноз на декілька часових проміжків $t + n$, то необхідно спочатку розрахувати відповідні експоненціальні середні для часових проміжків $t + n$.



Приклади

Зібрані статистичні дані щодо відсотку витрат домогосподарств на продукти харчування за останні 30 місяців:

№ спостереження, t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Відсоток витрат на продукти харчування, %	1,10	1,40	2,00	2,40	2,80	3,10	3,50	4,00	4,10	4,20

№ спостереження, t	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Відсоток витрат на продукти харчування, %	4,10	4,40	4,00	4,10	4,20	4,30	4,30	5,00	5,10	5,20

№ спостереження, t	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Відсоток витрат на продукти харчування, %	6,00	6,50	6,60	7,00	7,10	7,30	7,20	7,50	7,90	8,00

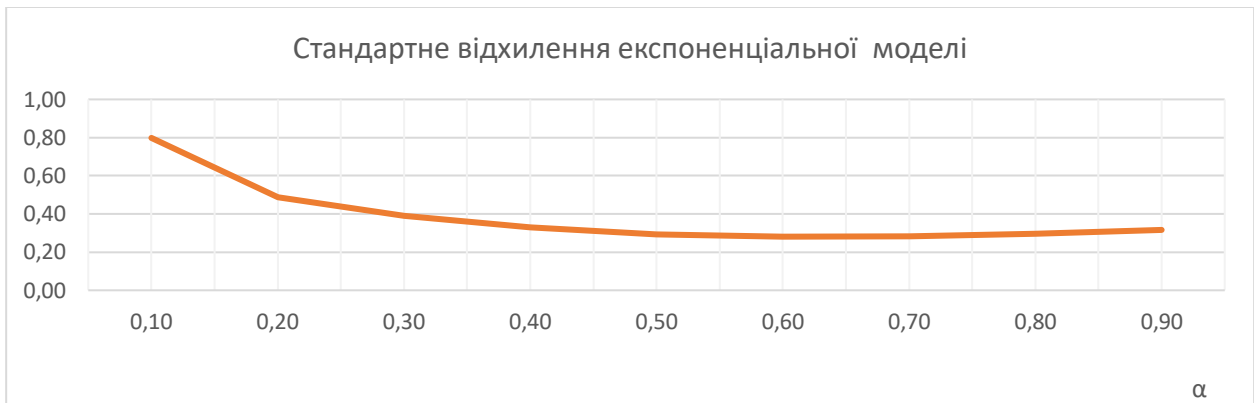
Завдання. На основі застосування однопараметричної моделі експоненціального згладжування Брауна розрахувати прогноз на 31-35 місяців. Узагальнити та оцінити статистичну адекватність прогнозу моделі.

1. Створимо та заповнимо розрахункову таблицю:

$\alpha = 0,60$						
№ спостереження, t	Відсоток витрат на продукти харчування, %, Y_t	$S_t^{[1]}$	$S_t^{[2]}$	\hat{S}_{t+1}	$(Y_t - \hat{S}_{t+1})^2$	Відносна похибка прогнозу, $\frac{\sqrt{(Y_t - \hat{S}_{t+1})^2}}{Y_t}$
1	1,1	1,10	1,10			
2	1,4	1,28	1,21	1,10	0,09	0,21
3	2	1,71	1,51	1,46	0,29	0,27
4	2,4	2,12	1,88	2,22	0,03	0,08
5	2,8	2,53	2,27	2,74	0,00	0,02
6	3,1	2,87	2,63	3,18	0,01	0,03
7	3,5	3,25	3,00	3,47	0,00	0,01
8	4	3,70	3,42	3,87	0,02	0,03
9	4,1	3,94	3,73	4,40	0,09	0,07
10	4,2	4,10	3,95	4,46	0,07	0,06
11	4,1	4,10	4,04	4,46	0,13	0,09
12	4,4	4,28	4,18	4,25	0,02	0,03
13	4	4,11	4,14	4,52	0,27	0,13
14	4,1	4,10	4,12	4,04	0,00	0,01
15	4,2	4,16	4,14	4,07	0,02	0,03
16	4,3	4,24	4,20	4,20	0,01	0,02
17	4,3	4,28	4,25	4,34	0,00	0,01
18	5	4,71	4,53	4,35	0,42	0,13
19	5,1	4,94	4,78	5,17	0,01	0,01
20	5,2	5,10	4,97	5,36	0,03	0,03
21	6	5,64	5,37	5,42	0,34	0,10
22	6,5	6,16	5,84	6,31	0,04	0,03
23	6,6	6,42	6,19	6,94	0,12	0,05
24	7	6,77	6,54	7,00	0,00	0,00
25	7,1	6,97	6,80	7,35	0,06	0,03
26	7,3	7,17	7,02	7,40	0,01	0,01
27	7,2	7,19	7,12	7,54	0,11	0,05
28	7,5	7,37	7,27	7,36	0,02	0,02
29	7,9	7,69	7,52	7,63	0,07	0,03
30	8	7,88	7,73	8,11	0,01	0,01
31		7,95	7,86	8,23		
32		7,98	7,93	8,17		
33		7,99	7,97	8,10		
34		8,00	7,99	8,05		
35		8,00	7,99	8,02		
Стандартне відхилення $\sqrt{\frac{(Y_t - \hat{S}_{t+1})^2}{n - 1}}$					2,29	0,28

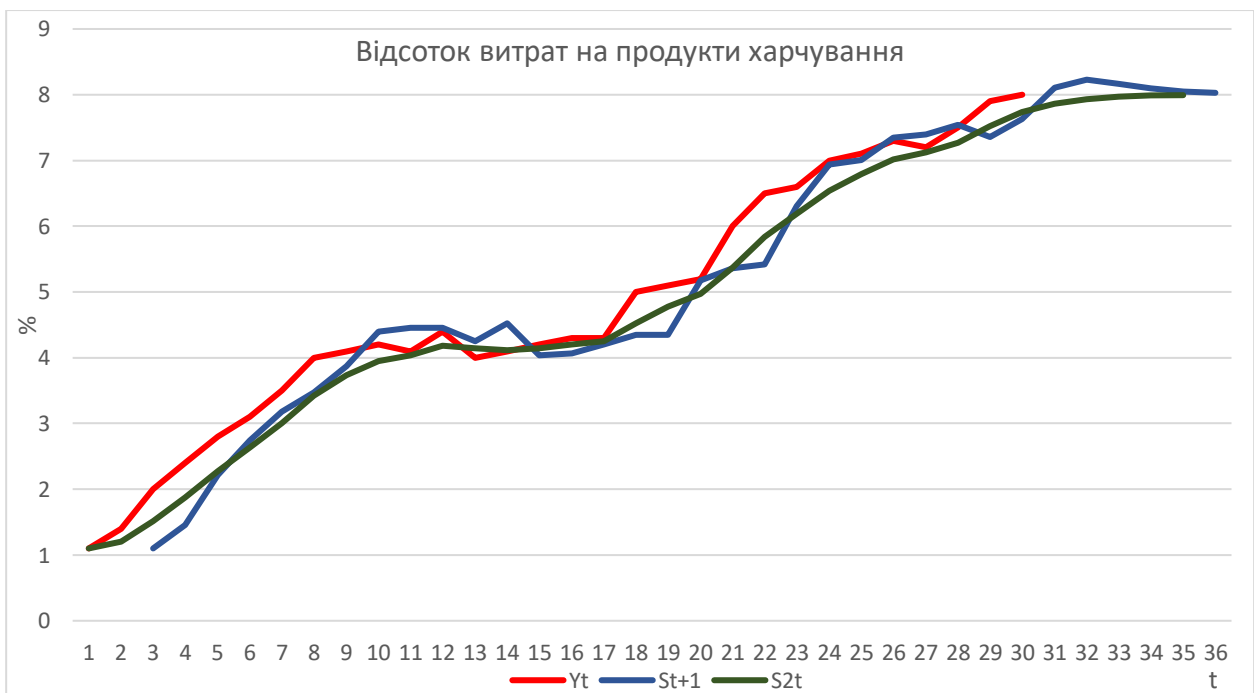
- у якості $S_0^{[1]}$ та $S_0^{[2]}$ використаємо $Y_1 = 1,1$.
- у першій ітерації розрахунку приймемо $\alpha = 0,3$.
- розрахуємо усі згладжені значення часового ряду \hat{S}_{t+1} та нові прогнози значення та 31-35 періоди часу з врахуванням останнього відомого $Y_{30} = 8$.
- на основі порівняння Y_t та \hat{S}_{t+1} розрахуємо відносну похибку прогнозу та стандартне відхилення часового ряду.

2. Повторимо розрахунки для усіх варіантів α , з кроком 0,1 та зведемо отримані при цьому стандартні відхилення на наступній діаграмі:



Як бачимо, стандартне відхилення мінімізується починаючи з рівня $\alpha = 0,5$. Найменше значення стандартного відхилення відповідає рівню $\alpha = 0,6$ і тому кінцевий розрахунок у таблиці зроблено на основі саме цього рівня показника.

3. За результатами розрахунку параметрів експоненціальної моделі побудуємо діаграму:



де: червона лінія – вихідні дані, зелена лінія – експоненціальна середня 2-го порядку, синя лінія – аналітично вирівняні та прогнози дані.

Слід відмітити, що при параметрі вирівнювання $\alpha = 0,6$ аналітично вирівняна модель візуально є відповідною вихідним даним, тобто має високу статистичну адекватність. Це дає підстави вважати, що прогнозні значення для 31-35 періодів часу мають певну статистичну надійність. Але розрахунки якості та точності прогнозної моделі повинні бути проведені додатково у відповідності до методики з теми 5 даного посібника.

4. Для додаткової оцінки якості прогнозної моделі застосуємо принцип "ex-post" оцінювання. Розрахуємо відносну похибку прогнозу за умови включення у прогнозну модель лише перших 20 спостережень. Спостереження від 21 до 30 використовуються як база для порівняння прогнозних значень та фактичних. Розрахунок на основі 20 спостережень проведемо двічі з параметрами згладжування $\alpha = 0,6$ та $\alpha = 0,3$. Результати відобразимо на діаграмі:



Відносна похибка прогнозу, розрахована на основі усіх 30 спостережень, зображена червоною лінією, синя та зелена лінії – розрахунок на основі 20 спостережень, коли $\alpha = 0,6$ та $\alpha = 0,3$ відповідно.

З діаграми чітко видно, що відносна похибка прогнозу, розрахована на перших 20 спостереженнях, починає стрімко зростати у періоді "ex-post" оцінювання (21-30 періоди).

Це свідчить про доцільність використання моделі експоненціального згладжування лише для короткострокового прогнозування (1-2 періоди). При прогнозуванні з більшим періодом упередження – модель "втрачає" тенденцію часового ряду і продовжує реплікувати рівень, близький до останніх фактичних спостережень. Тому для довгострокового прогнозування доцільніше використання трендових одно- або багатofакторних моделей.

3.4. Множинна регресія

Навоколишній світ багатовимірний. У переважній більшості реальних економічних завдань доводиться розглядати дані більш ніж про один або два фактори. Прогнозування єдиної змінної Y на підставі двох або декількох змінних X називається множинною регресією. Прогнозування єдиної змінної Y на підставі єдиної змінної X називається простою регресією і така ситуація докладно розглянута у темі щодо часових рядів.

Цілями множинної регресії є:

- (1) опис та розуміння відповідного взаємозв'язку,
- (2) прогнозування (передбачення) нового спостереження,
- (3) регулювання та управління процесом.

Множинна регресія як метод базується на формуванні та аналізі багатофакторних моделей кореляційно-регресійного аналізу.

В основі побудови багатофакторних моделей лежить виявлення механізму взаємодії різних факторів, залежності одного чи декількох вихідних даних від групи вхідних.



Факторна економетрична модель – це регресійна модель, яка встановлює залежність між економічними показниками, один з яких є залежною (пояснювальною) змінною, а інші – незалежними (пояснюваними) змінними.

Різні математичні функції використовуються для опису зв'язку між результуючою та факторною (факторними) ознаками. Для відображення економічних процесів існує велика кількість видів моделей як однофакторних, так і багатофакторних.

Для вибору найбільш відповідної математичної функції для прогнозування економічного явища потрібно розуміти особливості різних типів лінійних або нелінійних функцій. У багатофакторній моделі враховуються одночасно впливи двох або більше факторів на рівень та динаміку прогнозованого показника. В економіці та соціальних сферах зазвичай немає жорстких функціональних залежностей. Рівень економічних та соціальних показників визначається багатьма факторами, як закономірними, так і випадковими. Деякі фактори можуть бути не кількісно вираженими, а для інших може бути недоступна інформація. Факторні прогнозні моделі мають стохастичний характер. Побудова факторної прогнозної моделі можлива лише після проведення відповідного кореляційно-регресійного аналізу.

Багатофакторна модель у вигляді однієї функції має наступний вигляд:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i^{(2)} + \dots + \beta_k X_i^{(k)} + \varepsilon_i$$

або

$$Y_i = \beta_1 X_i^{(1)} + \beta_2 X_i^{(2)} + \dots + \beta_k X_i^{(k)} + \varepsilon_i,$$

де $i = 1, 2, \dots, n; k \geq 2;$

Y_i – випадкова величина;

$X_i^{(m)}$, при $2 \leq m \leq k$, – константа;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ – незалежні нормальні випадкові величини з одним і тим же середнім, рівним 0, і стандартним відхиленням σ ;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ – не залежать від i константи моделі, називається моделлю лінійної регресії з $k - 1$ регресорами.

Якщо $k > 2$, то модель називається моделлю множинної регресії. Хоча $i = 1, 2, \dots, n$ являються просто індексами нумерації, в прогнозуванні вони зазвичай відповідають моментам часу, взятих з однаковим кроком, при цьому допускається, щоб деякі значення i були опущені.

Звертає на себе увагу той факт, що у першому варіанті формули відсутня $X^{(1)}$. Справа в тому, що при вивченні різних властивостей багатофакторної моделі зручно вважати, що $X^{(1)}$ тотожно дорівнює одиниці ($X^{(1)} \equiv 1$).

У вигляді системи рівнянь багатофакторна модель має такий вигляд:

$$\begin{cases} Y_1 = \beta_1 + \beta_2 X_1^{(2)} + \dots + \beta_k X_1^{(k)} + \varepsilon_1 \\ Y_2 = \beta_1 + \beta_2 X_2^{(2)} + \dots + \beta_k X_2^{(k)} + \varepsilon_2 \\ \dots \\ Y_n = \beta_1 + \beta_2 X_n^{(2)} + \dots + \beta_k X_n^{(k)} + \varepsilon_n \end{cases} .$$

Змінні $X^{(2)}, \dots, X^{(k)}$ називаються пояснюючими, тому що при будь-якому i значення Y_i однозначно ними визначено з точністю до випадкової величини ε_i . У число пояснюючих можуть входити і змінні, які не є заданими функціями часу $f(i)$. У цьому випадку модель називається *каузальною*.

Причини потрапляння випадкової величини ε_i до багатофакторної моделі:

- 1) неможливість включення до моделі всіх пояснюючих змінних;
- 2) неправильний вибір форми функціональної залежності;
- 3) агрегування змінних;
- 4) помилки вимірювання;
- 5) дискретна структура статистичних даних;
- 6) непередбачуваність людського фактору.

Методи побудови багатофакторних моделей.

При створенні прогнозної факторної моделі аналітик має вибрати оптимальну кількість факторів, які будуть включені до моделі.

Якщо метою є максимальна корисність для прогнозу, то модель повинна включати якомога більше факторів. Однак, включення великої кількості факторів призводить до збільшення витрат на розробку моделі, а також збільшує ймовірність мультиколінеарності між факторами.

Не існує одного правильного обчислювального процесу для вирішення цієї задачі. Існує кілька методів побудови багатофакторної прогнозної моделі, з яких найвідоміші:

- 1) метод усіх можливих регресій;
- 2) метод виключень;
- 3) метод покрокової регресії;
- 4) гребенева регресія;
- 5) ПРЕС-регресія;
- 6) регресія на головні компоненти;
- 7) ступеневий регресійний аналіз.

Відбір регресорів.

При підготовці даних, перш за все, необхідно знайти набір регресорів, здатних вплинути на процес, що генерує величини Y_1, Y_2, \dots, Y_n . На наступному етапі потрібно вирішити, які з цих регресорів слід залишити в моделі, тобто визначити регресори, необхідні для прогнозування майбутніх значень Y . Важливим показником оцінки моделі лінійної регресії є коефіцієнт детермінації:

$$R_k^2 = 1 - \frac{\sum e_i^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}$$

або

$$R_k^2 = \frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Як і у випадку з одним регресором, $\hat{Y} = \bar{Y}$, оскільки $\sum e_i = 0$ між коефіцієнтами детермінації та кореляції існує наступний зв'язок: $R_k^2 = r^2(\hat{Y}, Y)$, звідки випливає, що $0 \leq R_k^2 \leq 1$.

При додаванні нових регресорів коефіцієнт детермінації R_k^2 практично завжди зростає. Те, що коефіцієнт детермінації R_k^2 не може зменшитися, випливає з того факту, що при скороченні числа регресорів отримана модель є окремим випадком первісної, коли коефіцієнти при відсутніх регресорах дорівнюють нулю. Тому величина R_k^2 не може бути критерієм при вирішенні питання, чи потрібно вводити додаткові регресори в модель.

При визначенні числа регресорів, в першу чергу, намагаються позбавитися від регресорів, у яких 95%-і довірчі інтервали для відповідних коефіцієнтів можуть містити нулі.

95%-ний довірчий інтервал для коефіцієнта регресії β_j буде наступним:

$$b_j - a_{n-k} s_{z_{jj}}^{1/2} \leq \beta_j \leq b_j + a_{n-k} s_{z_{jj}}^{1/2}.$$

Так як b_j являється лінійною комбінацією нормальних випадкових величин Y_1, Y_2, \dots, Y_k , тоді b_j також буде нормальною випадковою величиною. Величина $s_{b_j} = s_{z_{jj}}^{1/2}$ називається *стандартною помилкою* b_j , з тим же застереженням, що і для одного регресора.

Зазвичай замість 95%-ного довірчого інтервалу для β_j застосовують інший спосіб, який заснований на розгляді випадкової величини:

$$\frac{(b_j - \beta_j)}{s_{z_{jj}}^{1/2}}.$$

Припустимо, що $\beta_j = 0$. У такому випадку величина

$$\frac{b_j}{s_{z_{jj}}^{1/2}} = \frac{b_j}{s_{b_j}}$$

відповідає $t_{(n-k)}$ -розподілу.

Вона називається *t-статистикою* для коефіцієнта β_j .

Для вихідних даних визначають *P-значення* *t-статистики* для коефіцієнта β_j . Воно дорівнює ймовірності того, що випадкова величина, яка слідує $t_{(n-k)}$ -розподілу, прийме значення, що по модулю перевищує абсолютне значення *t-статистики*. Тобто знаходять:

$$P\left(|t(n-k)| > \frac{|b_j|}{s_{z_{jj}}^{1/2}}\right).$$

Якщо *P-значення* менше 5%, тобто $\frac{|b_j|}{s_{z_{jj}}^{1/2}} > \alpha_{n-k}$, то можна бути на 95% впевненим, що $\beta_j \neq 0$.

Якщо ж $\frac{|b_j|}{s_{z_{jj}}^{1/2}} \leq \alpha_{n-k}$, то коефіцієнт b_j не являється статистично значущим і регресор $X^{(j)}$ виключають з рівняння лінійної регресії.

Як визначити, чи збільшився коефіцієнт детермінації настільки, щоб можна було залишити нові регресори в моделі? Для цього замість r^2 розглядають скоригований коефіцієнт детермінації:

$$\overline{R}_k^2 = 1 - \frac{(n-1)(1-R_k^2)}{n-k}.$$

Коли потрібно вирішити, чи включати додаткові регресори в модель, часто використовують скоригований коефіцієнт детермінації. Якщо додання нових регресорів призводить до збільшення скоригованого коефіцієнта детермінації, то їх варто включити в модель. У практичному прогнозуванні зазвичай використовується протилежний підхід: спочатку проводять розрахунок з усіма можливими регресорами, а потім поступово виключають регресори, яких довірчі інтервали містять нульові значення, або у яких *t-статистика* менша за одиницю.

При порівнянні моделей з різною кількістю регресорів в прогнозуванні використовуються ще два коефіцієнти - критерій Шварца:

$$SC = \ln\left(\frac{\sum e_i^2}{n}\right) + \frac{k \ln(n)}{n}$$

та інформаційний критерій Акайка:

$$AIC = \ln\left(\frac{\sum e_i^2}{n}\right) + 2\frac{k}{n}.$$

Так само як і скоригований коефіцієнт детермінації, обидва цих коефіцієнта використовуються для визначення включення регресорів в модель, які не суттєво покращують її прогностичні можливості. Але на відміну від попереднього випадку, рішення про залишення нових регресорів в рівнянні приймається тільки за умови зменшення значень SC або AIC .

Розробка прогнозу на основі багатофакторної моделі передбачає виконання наступних дій:

- 1) постановка задачі, її теоретичне та логічне формулювання;
- 2) аналіз об'єкта прогнозування;
- 3) вибір прогнозованого показника та відбір факторів, які визначають його рівень;
- 4) побудова моделі, яка відповідає вимогам логічної і статистичної адекватності;
- 5) збір початкових даних і заповнення абстрактної моделі необхідними емпіричними даними;
- 6) реалізація моделі по завчасно розробленому алгоритму і початковій інформації;
- 7) оцінка якості і надійності параметрів моделі і власне самої моделі;
- 8) проведення ретроспективного аналізу на основі інформації передісторії;
- 9) розрахунок прогнозу на основі відібраної моделі;
- 10) оцінка якості та достовірності прогнозу;
- 11) прийняття на підставі розрахованого прогнозу управлінських рішень;
- 12) верифікація прогнозу.

При включенні факторів до моделі важливо враховувати наступні вимоги:

- ✓ Фактори, що включаються, повинні мати причинно-наслідкові зв'язки зі змінним показником, який досліджується.
- ✓ Усі включені фактори повинні бути кількісно вимірюваними, оскільки модель передбачає обробку лише кількісних ознак.
- ✓ Включені фактори не повинні мати сильного взаємозв'язку між собою.
- ✓ Не допускається включення факторів, які є компонентами одного і того ж фактора.
- ✓ Необхідно уникати включення факторів, які функціонально пов'язані з досліджуваним показником в певному контексті.
- ✓ Кожен фактор може бути представлений в моделі лише одним показником, будь то абсолютна або відносна, натуральна або вартісна характеристика.
- ✓ Слід прагнути включити в модель мінімальну, але достатню кількість факторів.
- ✓ Якщо можливо, слід включити в модель "первинні фактори", тобто незмінені абсолютні значення, які не пройшли додаткову обробку.
- ✓ Важлива порівнянність і достовірність даних, що використовуються.

Оцінювання параметрів та дослідження багатофакторних моделей.

Практичне застосування багатофакторної моделі неможливе без:

- проведення перевірки моделі на адекватність;
- виконання аналізу моделі та кожного окремого її коефіцієнта на статистичну надійність.

Статистична адекватність економіко-статистичних моделей визначається за допомогою ряду статистичних показників. Найбільш істотною оцінкою кожної моделі є встановлення щільності зв'язку між факторами і досліджуваним показником. Показниками щільності зв'язку є:

для лінійної моделі – коефіцієнт парної лінійної кореляції;

для нелінійних моделей – кореляційне відношення.

Коефіцієнт кореляції, піднесений у квадрат, називається коефіцієнтом детермінації. Ці показники розраховуються за аналогічними формулами, що й при прогнозуванні на основі однофакторних моделей.

Для оцінки статистичної адекватності економіко-статистичних моделей можуть застосовуватися також інші показники, які використовуються для оцінки рівняння часового тренду:

- середнє абсолютне і відносне відхилення між фактичними і розрахованими значеннями функції;
- середнє квадратичне відхилення;
- середня помилка апроксимації.

Економіко-статистична модель повинна пройти ретельну перевірку на статистичну надійність. Ступінь надійності параметрів і статистичних характеристик моделі є важливою умовою можливості використання її у прогнозуванні. Необхідність статистичної оцінки ґрунтується на тому, що при побудові моделі використовується певна вибіркова сукупність, у той час як висновки за результатами аналізу необхідно поширити за межі цієї вибірки. Відомо, що зі зміною обсягу вибіркової сукупності значення параметрів і статистичних характеристик моделей, як правило, коливаються. Тому необхідно з певною ймовірністю бути впевненим, що величина цих показників буде знаходитися в заданих інтервалах довіри. Оцінка статистичної надійності моделі в цілому проводиться за так званим дисперсійним відношенням F або, як його частіше називають, F -критерієм (за першою літерою прізвища англійського математика і статистика Р.А. Фішера, який розробив дисперсійний аналіз).

Важливою частиною оцінювання параметрів адекватності багатofакторної моделі є перевірка адекватності обраних моделей реального процесу на основі аналізу випадкової компоненти $e_t = y_t - \hat{y}_t$.

Модель адекватна реальному явищу, якщо виконуються найважливіші властивості залишкової компоненти e_t :

- рівність математичного очікування нулю: $Me_t = 0$,*
 - випадковість залишків,*
 - незалежність послідовних рівнів ряду залишків,*
 - відповідність залишків нормальному закону розподілу.*
- Докладно цей аспект розглянутий у темі про часові ряди.

Прогнозування на основі багатofакторної моделі.

Якщо побудована модель є адекватною за критерієм Фішера, і переважна більшість параметрів є статистично значимими за критерієм Стьюдента, то її можна використовувати в прогнозних цілях. Як і у випадку моделей однофакторної регресії, у багатofакторній моделі розраховують точковий та інтервальні прогнози за подібною методикою.

Базовим припущенням для побудови прогнозу за моделлю є збереження у прогнозному періоді тенденції, виявленої у минулому. Числові значення Y_t в такому випадку розраховуються підстановкою у рівняння регресії очікуваних в прогнозному періоді значень $X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt}$. Саме тут виникає питання – звідки взяти очікувані на прогнозний період значення факторів? Спосіб відповіді на це питання формує різні типи прогнозів, які можна отримати за регресійною моделлю. Залежно від того, точно чи приблизно відомі прогнозні значення факторів, розрізняють відповідно *безумовні* і *умовні* прогнози.

Термін "*безумовний прогноз*" означає, що прогнозні значення факторів відомі досить точно і цим цифрам можна довіряти без додаткової перевірки. Такі дані можна отримати з достовірних зовнішніх джерел, таких як: інформація Держкомстату, опублікована в пресі; професійні огляди ринків, що містять прогнози необхідних факторів; експертні оцінки, яким можна довіряти, тощо. Термін "*умовний прогноз*" означає, що прогнозні значення факторів відомі неточно або невідомі зовсім і тому мають бути попередньо спрогнозовані. Це може бути виконано одним зі способів:

- шляхом побудови додаткових регресій, де досліджуваними процесами будуть виступати фактори першої моделі, що розглядаються окремо один від одного, і кожен з яких залежить від кількох своїх факторів. У цьому випадку побудова прогнозу ускладнюється, перетворюючись з одного рівняння у систему з кількома рівняннями;

- більш простим випадком попереднього підходу є побудова регресій для оцінки розвитку кожного фактору залежно лише від часу (метод екстраполяції трендів). Час розглядається як пояснююча змінна. Висувається гіпотеза, що на прогнозний період тенденція розвитку фактору у часі збережеться. Розраховане таким чином прогнозне значення фактору потім використовується в первинній регресії;

- для прогнозу факторів використовуються методи прогнозування іншого типу, які також використовують тільки динаміку досліджуваного процесу у часі (наприклад, адаптивні методи).

За умови відсутності достовірних даних про розвиток впливових факторів досить поширеним є так званий сценарний підхід, який широко використовується для аналізу ймовірних шляхів розвитку подій в умовах невизначеності. При цьому достовірно невідомо, якими саме будуть прогнозні значення факторів, але розглядаються їхні різні можливі значення.

Проблеми застосування багатofакторних моделей.

1. *Проблема мультиколінеарності* виникає у тих випадках, коли деякі з пояснюючих змінних (X) виявляються занадто близькими між собою. Окремі коефіцієнти регресії при цьому оцінюються погано, оскільки немає достатньої інформації, щоб вирішити, яка (або які) із X -змінних власне пояснюють Y . Необхідно виключити з розгляду якісь із змінних або перевизначити якісь із змінних (можливо, використовуючи поділ одних змінних на інші), що дозволило б збільшити різницю між змінними.

2. *Проблема вибору змінних* виникає у тих випадках, коли доводиться мати справу з розлогим переліком потенційно корисних незалежних X -змінних і необхідно вирішити, які з цих змінних слід включати до рівняння регресії. Використання занадто великої кількості X -змінних призведе до зниження якості отриманих результатів, оскільки інформація буде витратитися на оцінювання непотрібних параметрів. Якщо ж відкинути одну або кілька важливих X -змінних, то якість прогнозів також знизиться, оскільки проігнорується корисна інформація. Одне з можливих рішень полягає в тому, щоб включити тільки ті змінні, необхідність яких не викликає сумнівів, скориставшись для цього списком, попередньо впорядкованим відповідно до пріоритетів. Інше рішення полягає в тому, щоб скористатися однією з автоматичних процедур, таких як, наприклад, всі підмножини або покрокова регресія.

3. *Проблема неправильного вибору моделі* включає безліч різних потенційних невідповідностей між конкретним завданням та моделлю множинної регресії. Аналізуючи дані, можна виявити деякі потенційні проблеми, пов'язані з нелінійністю, нерівною мінливістю і наявністю значень, що різко відхиляються. Однак навіть наявність таких проблем ще ні про що не говорить. Незважаючи на те, що гістограми деяких змінних можуть бути сильно скошеними, а деякі діаграми розсіювання можуть бути нелінійними, модель лінійної множинної регресії і в цих випадках може бути цілком застосовна. Так звана діагностична діаграма допомагає зрозуміти, чи справді виявлена проблема є настільки серйозною, що потребує вирішення. Ще одна істотна проблема виникає у разі, коли доводиться мати справу з часовими рядами. У цій ситуації можна застосовувати множинний регресійний аналіз, використовуючи для кожної змінної замість вихідних значень відсоткові зміни значення цієї змінної між різними періодами часу.

3.5. Корисні Інтернет-ресурси

Наведений нижче перелік Інтернет-ресурсів містить посилання на дослідження з формування та застосування часових рядів, у тому числі з метою прогнозування майбутніх значень.

Ресурси можуть бути корисними як приклади роботи з часовими рядами, так і як джерела відбору можливих регресорів для проведення власних досліджень та побудови регресійних моделей.

Щоб відбувся перехід за посиланням необхідно: затиснути CTRL, навести вказівник на рисунок та натиснути клавішу підтвердження (Enter або основну кнопку миші). Для переходу за необхідним посиланням на іншому пристрої необхідно сканувати QR-код.

DataBank Світового Банку – це інструмент аналізу та візуалізації, який містить колекції даних часових рядів за різними темами. Ви можете створювати власні запити; створювати таблиці, діаграми та карти; і легко зберігати, вставляти та ділитися ними



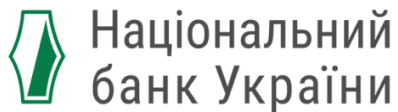
Найпопулярніші бази даних Світового Банку



Найпопулярніші бази даних Світового Банку	 <p>THE WORLD BANK IBRD • IDA <i>Economy & Growth</i></p>	
	 <p>THE WORLD BANK IBRD • IDA <i>Indicators</i></p>	
Дашборди (Е-Дані) Національної служби охорони здоров'я України*	 <p>Національна служба здоров'я України</p>	
Дашборди (Е-Дані) Міністерства економіки України*	 <p>MINISTRY OF ECONOMY OF UKRAINE</p>  <p>WORLD BANK GROUP</p>	
Державний веб портал Бюджету для громадян. Дані про бюджет: доходи, витрати та їх структура, процент виконання планів з доходів та витрат тощо	 <p>open budget</p>	
Єдиний державний веб-Портал відкритих даних. Набори даних, структуровані за тематикою та розпорядниками	 <p>Єдиний державний веб-портал відкритих даних</p>	
Портал підтримки децентралізації. Загальна характеристика, стан проведення реформи, посилання на законодавчі акти, корисні ресурси і матеріали, карти	 <p>Децентралізація</p>	
Відкриті дані з реєстрів. Дані з реєстрів: реєстр територіально-адміністративного устрою, єдиний державний реєстр підприємств юридичних осіб, фізичних осіб – підприємців та громадських формувань та інші	 <p>НАІС</p>	
Державна служби статистики. Показники соціально-економічного розвитку	<p>Державна служба статистики України</p>	

* на сайті встановлено захист від кібератак, при неможливості прямого переходу за кліком скопіюйте вручну адресу у адресний рядок браузера

Макроекономічна статистика
Національного банку України



Національний
банк України



Єдиний веб-портал використання
публічних коштів



spending



Приклади

Для визначення параметрів багатofакторної моделі зібраний наступний масив даних, де Y – результативний фактор, $X_1 - X_5$ – незалежні змінні.

Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
50000	90,30	2600	0,77	0,69	0,58
58000	86,40	3000	0,87	0,70	0,58
65000	73,20	3900	0,90	0,71	0,58
66000	72,10	3900	0,89	0,70	0,58
67000	71,30	3900	0,89	0,71	0,59
68000	70,90	3900	0,89	0,72	0,60
69000	68,70	4000	0,90	0,73	0,60
70000	67,00	4100	0,90	0,74	0,60
71000	66,00	4150	0,90	0,75	0,60
72000	65,00	4160	0,90	0,76	0,60
73000	64,00	4170	0,89	0,77	0,61
75000	50,40	4180	0,89	0,78	0,62
80000	51,20	4200	0,90	0,79	0,77
79000	53,80	4300	0,89	0,80	0,78
83000	50,30	4400	0,88	0,81	0,79
85000	50,00	4500	0,90	0,82	0,80
79000	55,60	4600	0,88	0,83	0,80
83000	53,10	4700	0,88	0,84	0,81
86000	50,10	4800	0,89	0,85	0,81
89000	49,90	4900	1,00	0,86	0,83
90000	50,80	4900	1,00	0,87	0,84
91000	50,60	4900	1,00	0,88	0,86
90000	51,40	4900	1,00	0,89	0,90
91000	52,30	5000	1,00	0,90	1,00
93000	50,00	5000	1,00	0,90	1,10
100000	50,00	5100	1,00	0,90	1,10
100000	51,30	5200	1,00	0,90	1,10
100000	50,00	5300	1,00	0,90	1,10
110000	50,00	5400	1,00	0,90	1,10
110000	50,00	5500	1,00	0,90	1,10

Завдання. Використовуючи статистичні пакети MICROSOFT EXCEL "Correlation" та "Regression" здійснити попередній аналіз доцільності включення окремих факторів (X_n) у багатофакторну регресійну модель та сформуванню моделі з відібраними факторами. На основі багатофакторної регресійної моделі розробити точковий прогноз на один ($t+1$) період.

1. Застосуємо статистичний пакет "Correlation". У результаті формується матриця, де відображено парні коефіцієнти кореляції за усіма можливими парами:

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
Column 1	1					
Column 2	-0,856940582	1				
Column 3	0,963124444	-0,892205171	1			
Column 4	0,851686601	-0,675317093	0,857790295	1		
Column 5	0,946001642	-0,86708306	0,927524302	0,829227772	1	
Column 6	0,934747414	-0,735836607	0,863695612	0,799871553	0,936475141	1

На основі парних коефіцієнтів кореляції можна провести попередній аналіз щодо наявності взаємозв'язку в парах та ознак мультиколінеарності факторів. Як бачимо, залежність результативного фактору від усіх змінних є високою, парні коефіцієнти кореляції більші ніж 0,85. При цьому, спостерігаються три пари змінних факторів (X_1 - X_2 , X_2 - X_4 , X_4 - X_5), кореляція між якими занадто висока – відповідні коефіцієнти позначені червоним. Потрібен більш детальний аналіз.

2. Застосуємо статистичний пакет "Regression". У результаті формується матриця з низкою параметрів:

SUMMARY OUTPUT						
Regression Statistics						
Multiple R	0,985403337					
R Square	0,971019736					
Adjusted R Square	0,964982181					
Standard Error	2751,423127					
Observations	30					
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	5	6087678765	1217535753	160,8299609	0,000000000000	
Residual	24	181687901,4	7570329,224			
Total	29	6269366667				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	20283,5442	24025,05777	0,844266199	0,406857934	-29301,73797	69868,826
X Variable 1	-147,8859234	126,5864256	-1,16826052	0,254176229	-409,1474651	113,37562
X Variable 2	11,67648673	2,918141264	4,001343895	0,000525122	5,653739173	17,699234
X Variable 3	11050,83571	18597,83994	0,594199958	0,557938568	-27333,21941	49434,891
X Variable 4	-26068,46783	31110,30147	-0,837936844	0,410333838	-90276,97428	38140,039
X Variable 5	36332,95915	8527,274161	4,260794067	0,000272095	18733,53028	53932,388

До найбільш корисних параметрів відповідно до завдання віднесемо:

- коефіцієнт множинної кореляції (Multiple R) = 0,98, що є свідченням дуже високого ступеня взаємозв'язку між поведінкою результативного фактору та змінних факторів;
- показник статистичної надійності дисперсії масиву даних є високим.

Також розраховано регресійні параметри кожного змінного фактору у багатофакторній моделі. Але показники статистичної надійності (*t Stat*, *P-value*) трьох з п'яти досліджуваних факторів є низькими, що означає недоцільність їхнього включення до моделі. Тест на статистичну надійність проходять лише фактори X_2 та X_5 . Ці висновки цілком узгоджуються з висновками про можливу мультиколінеарність X_1 та X_4 факторів.

Отже, до фінального варіанту багатофакторної моделі рекомендовано включити фактори X_2 та X_5 .

3. Застосуємо повторно статистичні пакети для виправленого масиву даних (Y , X_2 , X_5):

	Y	X_2	X_5
	<i>Column 1</i>	<i>Column 2</i>	<i>Column 3</i>
Column 1	1		
Column 2	0,963124444	1	
Column 3	0,934747414	0,863695612	1

SUMMARY OUTPUT						
<i>Regression Statistics</i>						
Multiple R		0,984525927				
R Square		0,9692913				
Adjusted R Square		0,967016582				
Standard Error		2670,303758				
Observations		30				
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	2	6076842568	3038421284	426,1148365	0,00000000000	
Residual	27	192524098,3	7130522,16			
Total	29	6269366667				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-3139,706468	3762,449874	-0,834484597	0,41133083	-10859,61594	4580,203
X Variable 1	13,56686452	1,480263213	9,165170354	0,0000000009	10,52961528	16,604114
X Variable 2	30560,5044	5048,146164	6,053807359	0,00000184	20202,56405	40918,445

Як бачимо, показники взаємозв'язку факторів та статистичної надійності окремих параметрів та багатофакторної моделі в цілому знаходяться на достатньому рівні. Скоригований коефіцієнт множинної кореляції (*Adjusted R Square*) підвищився після скорочення числа факторів з 0,9649 до 0,9670, що є свідчення покращення якості моделі після скорочення. Відповідно, багатофакторна модель має вид:

$$Y_t = -3139,71 + 13,57X_t^1 + 30560,50X_t^2,$$

де X_t^2 став X_t^1 , а X_t^5 став X_t^2 .

4. Для того, що обрахувати прогнозне значення Y_{t+1} , спочатку необхідно обрахувати прогнозні значення X_{t+1}^1 та X_{t+1}^2 . Існує декілька способів такого розрахунку. Використаємо найпростіший з них – прогнозування на основі лінійного однофакторного тренду залежності показника від фактору часу. Отримаємо такі значення:

$$X_{31}^1 = 5560, \quad X_{31}^2 = 1,12.$$

Відповідно, прогноз результативного фактору розраховується:

$$Y_{31} = -3139,71 + 13,57 * 5560 + 30560,50 * 1,12 = 106508,5$$

5. За необхідністю розрахунки можуть бути доповнені показниками меж довірчого інтервалу прогнозу, стандартної помилки прогнозу, коефіцієнтами еластичності змінних факторів тощо.



Питання для самоконтролю

1. Екстраполяція як метод прогнозування. Суть екстраполяційного прогнозування.
2. Структура трендової моделі. Характеристика складових.
3. Основні етапи прогнозування з використанням трендових моделей.
4. Загальна характеристика методів механічного згладжування рядів.
5. Порівняльна характеристика методів ковзної середньої та експоненціального згладжування.
6. Суть методів згладжування.
7. Основні види аналітичних залежностей, які використовуються в процедурах згладжування.
8. Поліноміальні моделі: властивості та особливості застосування.
9. Методи вибору нелінійної моделі для розрахунку прогнозу.
10. Поняття факторної прогнозної моделі.
11. Структура факторної моделі та характеристика складових.
12. Види факторних моделей.
13. Основні етапи розробки прогнозу на основі факторних моделей.
14. Вимоги до факторів, котрі включаються до прогнозної моделі.
15. Характеристика методу покрокової регресії.
16. Характеристика методу виключень побудови багатофакторної моделі.
17. Метод усіх можливих регресій побудови багатофакторної моделі.
18. Методи знаходження оцінок параметрів факторних моделей. Умови застосування методів.
19. Розрахунок прогнозів на основі однофакторної моделі.
20. Розрахунок прогнозів на основі багатофакторних моделей.



Практичні завдання

Завдання 1.

У відповідності до варіанту (визначається викладачем за номером здобувача у журналі групи) оберіть часовий ряд (*Ряд 2 – Ряд 14*) з таблиці у додатку 1. Для обраного часового ряду необхідно визначити:

1. Абсолютний приріст;
2. Середній абсолютний приріст за весь період спостереження;
3. Коефіцієнти зростання і приросту;
4. Темпи зростання і приросту;
5. Абсолютне значення 1% приросту;
6. Середню швидкість зміни явища, що вивчається;
7. Середній темп приросту;
8. Середній рівень ряду;
9. Коефіцієнт автокореляції (для $n/3$, $n/4$);
10. Величину часового лагу;

Зробити висновки.

Завдання 2.

У відповідності до варіанту (визначається викладачем за номером здобувача у журналі групи) оберіть 3 часових ряди (*Ряд 2 – Ряд 14*) з таблиці у додатку 1. Для обраних часових рядів необхідно провести графічний аналіз рядів даних, визначити наявність трендового та сезонного компонентів з графічним обґрунтуванням.

Завдання 3.

У відповідності до варіанту (визначається викладачем за номером здобувача у журналі групи) оберіть результуючий показник (Y) з числа нижченаведених (за даними додатку 1):

Ряд 5 – Національний дохід, ум. один.;

Ряд 7 – Реальний валовий національний продукт, ум. один.;

Ряд 9 – Індекс споживчих цін;

Ряд 10 – Рівень інфляції, %;

Ряд 10 – Індекс промислового виробництва.

1. Для обраного результуючого показника необхідно визначити три фактори (X), що найбільше впливають його на рівень, із застосуванням парного коефіцієнту кореляції та побудови регресійної моделі. Фактори обрати з приведених у додатку 1, за виключенням фактору часу (Ряд 1). Розрахунок повторити двічі – для усіх 20 спостережень ($n=20$) та для перших 15 спостережень ($n=15$). Порівняти отримані регресійні моделі. Зробити та обґрунтувати висновки.

2. Використовуючи розраховані регресійні моделі, зробити прогноз до 25 часового спостереження включно. Розрахувати показники точності прогнозів. Зробити та обґрунтувати висновки.

Завдання 4.

У відповідності до варіанту (визначається викладачем за номером здобувача у журналі групи) оберіть часовий ряд (Ряд 2 – Ряд 14) з таблиці у додатку 1. Для обраного часового ряду необхідно визначити:

1) прогнозні значення показників ряду до 25 спостереження включно на основі застосування методу подвійного експоненціального згладжування з використанням усіх 20 спостережень ($n=20$) вихідного ряду;

2) прогнозні значення показників ряду до 25 спостереження включно на основі застосування методу подвійного експоненціального згладжування з використанням перших 15 спостережень ($n=15$) вихідного ряду;

3) порівняти між собою отримані ряди прогнозних значень у діапазоні 21-25 спостереження, зробити висновки.

Завдання 5.

У відповідності до варіанту (визначається викладачем за номером здобувача у журналі групи) оберіть результуючий показник (Y) з числа нижченаведених (за даними додатку 1):

Ряд 5 – Національний дохід, ум. один.;

Ряд 7 – Реальний валовий національний продукт, ум. один.;

Ряд 9 – Індекс споживчих цін;

Ряд 10 – Рівень інфляції, %;

Ряд 10 – Індекс промислового виробництва.

1. Для обраного результуючого показника необхідно визначити три фактори (X), що найбільше впливають його на рівень, із застосуванням парного коефіцієнту кореляції та побудови регресійної моделі. Фактори обрати з приведених у додатку 1, за виключенням фактору часу (Ряд 1). Оцінити адекватність та точність регресійної моделі. На основі моделі розрахувати прогнозні значення до 25 спостереження включно.

2. До обраного результуючого показника застосувати метод подвійного експоненціального згладжування для прогнозування значень ряду до 25 спостереження включно.

3. Порівняти між собою отримані ряди прогнозних значень у діапазоні 21-25 спостереження, що розраховані на основі регресійної моделі та методу експоненціального згладжування, зробити висновки.

Завдання 6. Ситуація для обговорення.

Опис. У компанії "ПрогресТех" – провідного виробника електроніки – виникла складна проблема вибору оптимального методу прогнозування асортименту вироблюваної продукції. Протягом останнього року підприємство стикнулося з непостійністю попиту на свою продукцію, що призвело до значних складських запасів деяких товарів та недостатньої наявності інших на ринку.

Однією з головних причин цієї проблеми може бути недостатня точність в прогнозуванні попиту на конкретні види продукції. Компанія використовує традиційні методи прогнозування, такі як експертні оцінки, аналіз історичних даних продажів та тенденцій ринку. Однак, такий підхід може бути недостатньо ефективним в умовах швидкозмінного ринкового середовища та зміни споживацьких пріоритетів.

Компанія також розглядає можливість використання аналітичних методів, таких як регресійний аналіз та методи машинного навчання, для прогнозування попиту на продукцію. Однак, виникає питання про доступність та обробку необхідних обсягів даних для цих методів, а також про необхідність підготовки спеціалістів для їх впровадження.

Також важливо розглянути вплив конкурентного середовища на прогнозування асортименту. Зрозуміло, що навіть найточніший прогноз не гарантує успіху, якщо конкуренти на ринку здійснюють непередбачувані кроки, що впливають на попит і змінюють споживацькі вподобання.

Компанія повинна уважно зважити на всі ці аспекти та обрати оптимальний метод прогнозування асортименту вироблюваної продукції, який враховуватиме ринкові тенденції, конкурентну ситуацію та можливості аналізу даних.

Підприємство "ПрогресТех" може реалізувати різноманітні варіанти поведінки для вирішення проблеми вибору методу прогнозування асортименту вироблюваної продукції. Ось кілька можливих варіантів:

1. Збереження традиційних методів. Підприємство може вирішити залишитися при традиційних методах прогнозування, вдосконаливши їх за допомогою більш точних даних та аналізу. Можливо, покращена обробка інформації про споживчі звички, історичні та сезонні зміни сприятиме більш точному прогнозуванню.

2. Впровадження аналітичних методів. Підприємство може вирішити інвестувати у впровадження аналітичних методів прогнозування, таких як регресійний аналіз або методи машинного навчання. Це може допомогти більш точно прогнозувати попит, враховуючи більше факторів і адаптувати стратегію асортименту в реальному часі.

3. Зростання гнучкості асортименту. Підприємство може прийняти більш гнучкий підхід до асортименту, зменшуючи виробництво товарів з меншою популярністю та швидко реагуючи на зміни споживчих вподобань. Це дозволить уникнути надмірного накопичення запасів та зменшити ризик витрат на непродану продукцію.

4. Колаборація зі споживачами. Підприємство може встановити більший зв'язок зі своїми клієнтами та залучити їхні прогнози та відгуки для вирішення проблеми. Активне спілкування зі споживачами може допомогти легше адаптуватися до їхніх потреб, що змінюються.

5. Ресурсоощадність. Підприємство може зосередити увагу на ефективному використанні ресурсів та оптимізації виробництва для зменшення ризику витрат на непродану продукцію. Це може включати покращення управління запасами, оптимізацію виробничих процесів тощо.

6. Пошук нових ринкових можливостей. Підприємство може розглянути можливість розширення асортименту для входження на нові ринки або розробки нових продуктів, які відповідають актуальним споживчим потребам.

Вибір конкретної стратегії поведінки залежить від багатьох факторів, таких як фінансові можливості, ресурси, конкурентне середовище та особливості ринку.

Завдання.

Сформулювати множину ситуацій, різні обставини яких можуть впливати на вибір варіанту поведінки підприємства. Обговорити переваги та недоліки кожного варіанту поведінки підприємства у кожній з визначених ситуацій.



Джерела





Допоміжні джерела до матеріалу теми 3:

1. Галушак М.П., Галушак О.Я., Кужда Т.І. Прогнозування соціально-економічних процесів : Навч. посіб. для економічних спеціальностей. Тернопіль : ФОП Паляниця, 2021. 160 с. С. 64-104. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/36761>.
2. Клебанова Т.С., Іванов В.В., Дубровіна Н.О. Методи прогнозування. Харків: ХНУ ім. В. Каразіна, 2002. 372 с.
3. Лук'яненко І. Г., Городніченко Ю. О. Сучасні економетричні методи у фінансах : Навч. посіб. Київ : Літера ЛТД, 2002. 352 с. С. 17-70. ISBN 966-7543-29-3.
4. Холден К., Піл Д., Томпсон Дж. Економічне прогнозування. Вступ. Київ : Інформтехніка, 1996. 216 с.
5. Черняк О.І., Ставицький А.В. Динамічна економетрика. Київ : КВІЦ, 2000. 120 с.

Допоміжні іншомовні джерела щодо теорії і практики застосування формалізованих методів:

6. Chatfield C. The Analysis of Time Series: An Introduction. London, 1996. 283 p. ISBN 978-041-271-64-09.
7. Diggle P. J. Time Series: A Biostatistical Introduction. Oxford, 1990. 257 p. ISBN 978-019-852-20-65.
8. Montgomery Douglas C., Jennings Cheryl L., Kulahci M. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. Published by John Wiley and Sons Inc, 2016. 644 p. ISBN: 978-1-118-74511-3.
9. Elliott G., Granger C., Timmermann A. Handbook of Economic Forecasting. North Holland, 2006. 1070 p. ISBN 978-044-451-39-53.
10. Box George E.P., Jenkins Gwilym M., Reinsel Gregory C., Ljung Greta M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Hoboken. New Jersey. Published by John Wiley and Sons Inc, 2015. 712 p. ISBN 978-1-118-67502-1. <http://dx.doi.org/10.1111/jtsa.12194>.
11. Michael P. Clements, David F. Hendry The Oxford Handbook of Economic Forecasting. Oxford University Press, 2011. 624 p. ISBN 978-019-539-86-49.
12. Mills Terence. Applied Time Series Analysis. A Practical Guide to Modeling and Forecasting. Academic Press, 2019. 354 p. ISBN 978-0-12-813117-6.

Безкоштовні онлайн-курси для набуття навичок застосування формалізованих методів засобами EXCEL:

	Word та Excel: інструменти і лайфхаки	
	Візуалізація даних	
	Specialized Models: Time Series and Survival Analysis	
	Excel Time Series Models for Business Forecasting	
	Excel Regression Models for Business Forecasting	
	Financial Forecasting and Reporting	

Тема 4. ЕКСПЕРТНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ



Ключові слова

Вимоги до складу експертної групи, проведення експертизи, обробка і аналіз результатів, повторні тури експертизи, формування прогнозних рекомендацій, метод Делфі: адаптивні анкети, процедура анкетування, достатня кількість анкетувань, відбір експертів, обробка результатів, формування прогнозних рекомендацій. Сутність і різновидність експертних методів. Методи індивідуального і групового експертного оцінювання. Організація і проведення експертного опитування. Види експертних оцінок. Оцінка ступеня узгодженості думок. Аналіз результатів опитування експертів. Експертні оцінки.



Поняття та його визначення

Методи, які основані на припущенні про те, що на базі думок спеціалістів у певній галузі знань можна побудувати адекватну картину майбутнього розвитку з урахуванням усіх можливих зсувів та стрибків, отримали назву методів експертних оцінок або методів експертиз.

Метод індивідуального експертного оцінювання припускає отримання прямих (незалежних) експертних оцінок.

Експертні оцінки, отримані колективним методом, є залежними, тобто колектив експертів надає одну узгоджену оцінку.



Основні теоретичні положення

4.1. Сутність і різновиди експертних методів

Методи експертних оцінок використовуються для аналізу ситуацій і проблем, що не можуть бути повністю або частково описані математично. Це пояснюється такими факторами:

- Наявність невизначеності та складності в передбачуваних явищах.
- Потреба в кількісній оцінці подій, для яких відсутня достатня інформація та чітке розуміння тенденцій розвитку ситуації.
- Врахування не лише об'єктивних тенденцій розвитку ситуації, а й реакції учасників на прийняті рішення.

У всіх таких випадках потрібно залучати думку експертів. Експерт - це кваліфікований спеціаліст з певного питання, чиї оцінки та судження щодо об'єкта дослідження беруться до уваги при прийнятті рішення. Експертна оцінка відображає індивідуальні погляди фахівців на перспективи розвитку об'єкта і базується на їхньому фаховому досвіді та інтуїції. Експертиза включає вимірювання певних характеристик об'єкта перед прийняттям рішення.

Методи, які основані на припущенні про те, що на базі думок спеціалістів в певній галузі знань можна побудувати адекватну картину майбутнього розвитку з урахуванням всіх можливих зсувів та стрибків, отримали назву методів експертних оцінок або методів експертиз. Використання математичних і статистичних прийомів за цих методів зведено до мінімуму, натомість пріоритет надається методиці евристики (сукупність прийомів оцінки явищ за допомогою навідних питань). Планові показники визначаються на основі експертних оцінок.

Використання експертних методів базується на глибоких знаннях фахівців і їхній здатності узагальнити свій власний та світовий досвід досліджень і розробок у певній проблемі. Це включає гіпотезу, що експерти володіють "практичною мудрістю" та далекоглядністю в конкретній галузі знань і практики. Вони вміють оцінити важливість і значення напрямків дослідження, термінів прояву подій, важливих параметрів і процесів. Сутність експертних оцінок полягає в тому, що експерти проводять інтуїтивно-логічний аналіз проблеми, надають кількісну оцінку своїм судженням і формально обробляють результати. Отримана узагальнена думка стає рішенням проблеми або прогнозом.

Експертні методи застосовуються в прогнозуванні у таких випадках:

- Коли немає достовірної статистичної інформації про об'єкт.
- У ситуаціях невизначеності середовища функціонування об'єкта, особливо для галузей промисловості, що піддалися впливу нових відкриттів.
- Коли є обмеженість у часі.
- У екстремальних ситуаціях.

Експертні оцінки широко використовуються для прогнозування основних напрямків науково-технічного прогресу, суспільних та політичних сфер діяльності.

Центральним кроком у процесі експертного прогнозування є проведення опитування експертів. Вибір методу опитування залежить від цілей та завдань експертизи, складності проблеми, відведеного часу для опитування та загального обсягу експертизи, а також від підбору фахівців, які беруть участь у процесі експертизи.

Ситуації, в яких застосовуються експертні методи прогнозування, можна умовно поділити на дві категорії. Перша категорія включає проблеми, для яких існує достатня інформація, що служить надійною основою для обґрунтованого прийняття рішень. Основні виклики у такому експертному оцінюванні полягають у відборі експертів, встановленні раціональних процедур опитування та використанні оптимальних методів обробки отриманих результатів. При цьому методи опитування та обробки базуються на принципі "доброго" вимірника.

Цей принцип вказує на наступне:

Експерт є надійним джерелом інформації, оскільки він володіє обширним обсягом раціонально обробленої інформації.

Групова думка експертів наближається до оптимального рішення проблеми.

Якщо ці припущення є правдивими, то для розробки процедур опитування та алгоритмів обробки результатів можна використовувати концепції ймовірності та математичної статистики.

Другу категорію проблем можна віднести до ситуацій, де інформаційний потенціал знань є недостатнім для впевненості у правильності вибраних гіпотез. При вирішенні проблем цього типу експертів вже не можна розглядати як "добрих вимірників". Тому обробка результатів експертизи повинна бути виконана з великою обережністю. Використання методів усереднення, які є прийнятними для "добрих вимірників", у цьому випадку може призвести до значних похибок. Наприклад, думка одного експерта, яка суттєво відрізняється від думок інших експертів, може виявитися правильною. Тому для проблем другої категорії слід застосовувати якісну обробку даних.

Список областей, де можна застосовувати методи експертної оцінки, є досить широким. Основні типові завдання, для яких можна використовувати ці методи, включають:

- Визначення найбільш ймовірних інтервалів часу для відбуття певних подій.
- Складання переліку можливих подій у різних галузях на певний часовий проміжок.
- Визначення цілей та завдань управління з їх упорядкуванням за ступенем важливості.
- Визначення альтернативних варіантів рішень для завдань з оцінкою їх переваг.
- Розподіл ресурсів на альтернативні варіанти для вирішення завдань з оцінкою їх переваг.
- Вибір альтернативних варіантів прийняття рішень у певних ситуаціях з оцінкою їх переваг.

Методи експертної оцінки поділяються на два підкласи:

Прямі (незалежні) експертні оцінки, де кожен експерт надає свою окрему оцінку без взаємодії з іншими експертами.

Експертні оцінки зі зворотним зв'язком (залежні), де експерти обмінюються інформацією та взаємодіють між собою під час процесу оцінювання.

Прямі (незалежні) експертні оцінки ґрунтуються на принципі отримання та обробки незалежних узагальнених думок експертів або одного експерта. У цьому випадку немає впливу думок одного експерта на іншого або на загальну оцінку колективу.

Експертні оцінки зі зворотним зв'язком (залежні), натомість, реалізують принцип зворотного зв'язку шляхом врахування впливу попередніх думок експертної групи (або одного експерта) на оцінку, яка формується. Це означає, що думки, отримані раніше від цієї групи, впливають на оцінку, що надається експертами у поточний момент.

Узагальнюючи, прямі експертні оцінки ґрунтуються на незалежних думках, тоді як експертні оцінки зі зворотним зв'язком враховують вплив попередніх думок експертів на поточну оцінку.

Методи індивідуального і групового експертного оцінювання.

Метод індивідуального експертного оцінювання передбачає отримання прямих (незалежних) оцінок від експертів. Це не означає, що лише один експерт бере участь у процесі оцінювання. Враховуються думки багатьох експертів, проте їхні оцінки є незалежними одна від одної. В результаті застосування цього методу отримується стільки окремих оцінок, скільки експертів було залучено до процесу оцінювання.

Для здійснення індивідуальних експертних оцінок можуть використовуватися наступні підходи:

- Метод "інтерв'ю" включає безпосередній контакт між експертом і прогнозістом за допомогою питань та відповідей.
- Аналітичний метод передбачає логічний аналіз прогнозованої ситуації і складання аналітичних доповідних записок.
- Метод написання сценарію базується на визначенні логіки подій або явищ у часі за різних умов.

Метод інтерв'ю може здійснюватися шляхом розсилки листівок, телефонних дзвінків або особистих зустрічей. Під час цього процесу прогнозіст ставить експерту питання стосовно об'єкта дослідження відповідно до попередньо розробленої програми.

Основний недолік цього методу полягає в тому, що отримані дані залежать від суб'єктивізму та відповідальності респондентів. Респонденти можуть надавати недостатньо продумані відповіді, особливо якщо їм гарантована анонімність і вони не несуть жодних наслідків за неправильний прогноз. Часто виникають проблеми з ідентифікацією респондентів, недостатньо чітким формулюванням питань та отриманням достатньої кількості відповідей. Метод ґрунтується на припущенні, що об'єкти опитування передбачили свої майбутні плани і ніщо не станеться, що могло би їх змінити.

Аналітичні експертні оцінки вимагають тривалої і ретельної самостійної роботи експерта над аналізом тенденцій, оцінкою стану та шляхів розвитку прогнозованого об'єкта. Цей метод надає експерту можливість використовувати всю необхідну інформацію про об'єкт прогнозу. Експерт формулює свої думки у вигляді доповідної записки, детально аналізуючи і розглядаючи різні аспекти.

Побудова сценаріїв включає визначення альтернативних варіантів майбутнього або передбачувану послідовність подій в рамках припустимих умов. Сценарій включає хронологічну послідовність майбутніх змін і охоплює деталі зовнішнього середовища, стратегії конкурентів, нові відкриття та дії уряду. Сценарії формулюються як реалістичні можливості, з використанням переконливої мови і багатої уяви. Метод аналізу сценаріїв полягає в розгляді декількох різних сценаріїв, які описують ймовірні шляхи розвитку ситуації. Цей метод має на меті переконати особу, що приймає рішення, зробити зваженість на фактори невизначеності та розробити стратегію, що буде ефективною в будь-яких обставинах. Розглядаючи різні можливості, ймовірність непередбаченої ситуації зменшується. Однак експерт усвідомлює внутрішню невизначеність процесу прогнозування, тому не є повністю впевненим в доцільності будь-якого варіанту.

Головною перевагою цих методів є можливість максимально використовувати індивідуальні здібності експертів і знижений психологічний тиск на окремого виконавця. Однак ці методи майже не підходять для прогнозування загальних стратегій через обмеженість знань одного фахівця-експерта щодо розвитку суміжних наукових галузей.

Суть **методів колективної експертної оцінки** для розробки прогнозів полягає в досягненні згоди між експертами щодо перспективних напрямків розвитку об'єкта прогнозування, які були запропоновані окремими фахівцями, а також в оцінці аспектів розвитку об'єкта, які не можуть бути визначені іншими методами, наприклад, аналітичним розрахунком або експериментом. Колективний метод експертної оцінки призводить до отримання узгодженої оцінки, залежної від колективу експертів.

Зміст методу колективної експертної оцінки включає наступні етапи.

По-перше, створюються робочі групи, які відповідають за проведення експертних оцінок, включаючи опитування, обробку матеріалів і аналіз результатів. Робоча група призначає експертів, які відповідають на питання, що стосуються перспектив розвитку галузі.

По-друге, перед проведенням опитування експертів необхідно уточнити основні напрямки розвитку об'єкта і скласти матрицю, яка відображає загальну мету, підцілі і шляхи досягнення цілей. Наступним етапом колективної експертної оцінки є розробка питань, які будуть запропоновані експертам.

По-третє, під час опитування експертів необхідно забезпечити однозначне розуміння питань і незалежність суджень експертів.

По-четверте, проводиться обробка матеріалів колективної експертної оцінки, що відображають узагальнену думку і ступінь узгодження індивідуальних оцінок експертів. Ця обробка служить основою для синтезу прогнозних гіпотез і варіантів розвитку галузі.

Остаточна оцінка визначається як середня оцінка всіх експертів або як середнє нормалізоване зважене значення оцінки.

Методика статистичної обробки матеріалів колективної експертної оцінки для розробки прогнозів включає оцінку відносної важливості, призначеної експертами кожному з оцінюваних напрямків наукових досліджень.

Найбільш розповсюджені методи колективних експертних оцінок:

- метод "комісій";
- "колективна генерація ідей" ("мозкова атака");
- метод "Дельфі".

Ці методи базуються на принципах колективного мислення і мають дві основні переваги. По-перше, колективний підхід забезпечує вищу точність результатів, оскільки він враховує різні погляди і досвід кількох експертів. По-друге, обробка індивідуальних незалежних оцінок може призвести до виникнення продуктивних ідей і нових підходів.

У наш час широко використовуються експертні методи, які передбачають роботу спеціальних комісій або груп експертів, які збираються за "круглим столом" для обговорення конкретної проблеми і досягнення єдиної думки. Однак, недоліком цього методу є те, що група експертів часто стикається з необхідністю досягнення компромісу, що може вплинути на точність результату.

Метод колективної генерації ідей, відомий також як метод "мозкової атаки", є ще одним підходом до колективної експертної оцінки. У цьому методі використовується техніка "мозкового штурму", де всі експерти активно включаються у творчий процес, висуваючи нові ідеї щодо можливих варіантів розвитку об'єкта прогнозування. Цей метод сприяє швидкому отриманню продуктивних результатів і стимулює творчу активність експертів шляхом встановлення правила, що забороняє критику на початкових етапах.

Існує можливість використовувати метод "мозкової атаки" як основний або допоміжний підхід для вирішення багатьох прогностичних завдань. Досвід показує, що за його допомогою можна знайти рішення для практично будь-якої проблеми. Метод "мозкової атаки" був розроблений американським вченим А. Осборном у 1957 році, і його метою є стимулювання творчого процесу генерації ідей шляхом застосування певних правил організації, проведення та оцінки його результатів.



Головна задача методу "мозкової атаки" – забезпечення максимальної творчої активності, душевного підйому і концентрації уваги всіх учасників на заданій проблемі.

З метою подолання стереотипів та застосування енергійного колективного пошуку нових і оригінальних концепцій, метод заснований на принципі розділення процесів генерації ідей і їх оцінки. Існують кілька різновидів цього методу:

- Зворотний "мозковий штурм", який був запропонований у 60-х роках американською компанією "Дженерал Електрик".
- Масовий "мозковий штурм", розроблений у 70-х роках також у США В. Філіпсом.
- Подвійний "мозковий штурм", запропонований у 70-х роках в СРСР.
- Метод "конференції ідей", який був застосований у 70-х роках у ГДР В. Гільде.

Усі ці різновиди методу ґрунтуються на стратегії ненаправленого випадкового пошуку.



Загальним принципом побудови і застосування прямої "мозкової атаки" і її різновидів є принцип розділення в часі процесів генерації ідей і їх критичної оцінки для усунення психологічних перешкод творчому пошуку, що викликаються критикою.

Метод зворотного "мозкового штурму" включає два етапи колективного генерування ідей: перший етап - виявлення недоліків об'єкту дослідження, а другий етап - пошук нових концепцій і виправлення виявлених недоліків. Це розмежування "мозкового штурму" надає йому більш спрямований характер і конкретність.

Метод масового "мозкового штурму" паралельно проводить процеси генерації ідей, тоді як метод подвійного "мозкового штурму" організовує послідовність з двох "мозкових атак" та двох етапів оцінки думок.

Метод "конференції ідей" поєднує кілька принципів з метою підвищення результативності колективного пошуку ідей, включаючи високий професіоналізм учасників, їх попередню підготовку, різні методи психологічної налаштування фахівців разом з правилами морфологічного аналізу для систематизації пошуку і логіки евристики.

Для використання методу "мозкової атаки" необхідні наступні компоненти:

Організаційне забезпечення, яке включає вибір ведучого, формування груп генераторів ідей та експертів, організацію їх роботи відповідно до правил і принципів методу.

Методологічне забезпечення, яке передбачає навчання фахівців принципам, правилам та етапам методу, вибір різновидів методу та практичне опанування всіх необхідних процедур.

Психологічне і мотиваційне забезпечення, що включає психологічну настройку та стимулювання творчої роботи фахівців, які беруть участь у групах генераторів ідей та експертів, з урахуванням їх особливостей.

Інформаційне забезпечення, яке включає підготовку інформаційно-довідкових та методичних матеріалів для формулювання проблеми, постановки завдань, а також аналізу висунутих ідей.

Метод може застосовуватися самостійно для прогнозування розвитку системи, окремих її підсистем і параметрів.

Також метод може бути використаний як допоміжний творчий елемент на всіх етапах прогнозування, особливо в умовах невизначеності та при виникненні тупикових ситуацій, коли інші підходи не дають задовільних результатів.

Достоїнства методу можна висвітлити такими словами: його простота, доступність для навчання та освоєння, привабливість для учасників "мозкового штурму" завдяки можливості врахування їхніх здібностей та індивідуальних особливостей.

Метод є високопродуктивним, оскільки генерує велику кількість ідей, в тому числі нових. Проте слід відзначити його недоліки: відсутність гарантії якісних рішень і отримання неконкретних висновків.

Метод і його різновиди широко застосовуються для вирішення задач прогнозування в різних областях. Самостійно метод може бути використаний для управлінських та аналітичних завдань.

Один з найпоширеніших методів колективної експертної оцінки - метод "Дельфі", розроблений у 1964 році "РЕНД-Корпорейшн", американською науково-дослідною корпорацією. Назва цього методу символічно натякає на стародавніх дельфійських оракулів. Прогнозування методом "Дельфі" має кілька етапів, як правило, не більше трьох-чотирьох.

Відмітними особливостями методу "Дельфі" є:

- повністю анонімне опитування експертів;
- опитування експертів в декілька турів;
- задіявання зворотного зв'язку, коли в кожному подальшому турі використовуються результати попереднього, для чого перед кожним етапом (після першого) експерти одержують докладну інформацію про результати попереднього;
- використання статистичних методів обробки результатів групових відповідей.

Особливу увагу при використуванні експертних оцінок в прогнозуванні слід уділяти питанням точності і надійності одержуваних прогнозів.

Точність і надійність прогнозів на основі експертних оцінок досягаються:

- ретельним підбором і перевіркою компетентності членів експертної групи, як правило, провідних вчених і практиків в даній області знань;
- проведенням експериментальних перевірок компетенції всієї групи, що залучається до експертизи, тобто організацією серій дослідів, при яких експериментатор знає відповідь, а члени експертної групи не знають. Якщо на основі декількох ітерацій одержують цілком задовільну відповідь, то прогнози даної експертної групи вважаються цілком надійними;
- можливою організацією перевірки отриманого прогнозу іншими методами (моделюванням, прогнозуванням на основі трендових моделей тощо);
- простим анкетуванням і чітким контуром прогнозованого явища (технічного об'єкту);
- скороченням за можливістю числа прогнозованих подій (об'єктів);
- визначенням самих оптимальних проміжків часу між турами опитувань.

Метод експертних оцінок, як засіб для отримання прогнозів, має свої недоліки, які можна пояснити так:

Існує ризик, що деякі фахівці експертної групи (або навіть один найбільш активний учасник) можуть впливати на інших експертів. Якщо думка цих осіб є помилковою, це може призвести до неправильного прогнозу.

В окремих випадках, вплив на рішення членів експертної групи може залежати не від глибини аргументів, а від кількості зауважень "за" і "проти". Також може статися так, що досягнення згоди між учасниками експертної групи матиме більший пріоритет, ніж ретельно розроблений прогноз.

Ці недоліки слід враховувати при застосуванні методу експертних оцінок і звертати увагу на їхні можливі наслідки.

Часткові методи індивідуальних і групових (колективних) експертних оцінок.

Метод аналогій і асоціацій.

На різних етапах прогнозування, особливо при аналізі об'єкту прогнозування, його класифікації і моделюванні, а також при виявленні функцій об'єкту може застосовуватися метод аналогій і асоціацій. Він призначений для активізації творчого мислення і отримання додаткової інформації про досліджуваний об'єкт при пошуку нових ідей і рішень. Метод включає два типи прийомів активізації творчого мислення і отримання інформації про досліджуваний об'єкт, тобто засобів аналізу і синтезу інформації при пошуку ідей для вирішення поставлених задач.

Перший тип – прийоми аналогій. Вони є засобом як виявлення і аналізу знань про об'єкт, його структуру, функції і властивості, так і отримання нових уявлень про об'єкт у вигляді гіпотез.

Другий тип – прийоми асоціацій – ефективний психологічний спосіб подолання інертності мислення при науковому пошуку.

Розрізняють наступні різновиди прийомів аналогії: функціональна аналогія, структурна аналогія, аналогія відносин, аналогія зовнішньої форми, субстратні аналогії.

Прийоми аналогій придатні при проведенні направленою, ненаправленою і програмно-алгоритмічного пошуку і можуть бути рекомендовані при проведенні аналізу об'єкту прогнозування в більшості випадків.

Прийоми асоціації переважно годні для ненаправленою і направленою пошуку нових рішень, оскільки в їх основі знаходиться здатність людського мозку генерувати вільні і направлені асоціації.

До достоїнств методу можна віднести його природність і доступність для вивчення, освоєння і застосування, до недоліків – невисоку результативність по співвідношенню числа корисних нових ідей до загальної їх кількості.

Метод фокальних об'єктів.

Метод винайдений американцем Ч. Вайтінгом в 50-і рр. і відноситься до евристичних прийомів активізації творчого мислення. Сутність способу полягає в перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на досліджуваний об'єкт, який лежить як би у фокусі перенесення (так званий фокальний об'єкт). Метод відповідає стратегії ненаправленою випадкового пошуку. Даний прийом використовує не тільки принцип відшукування "підказок" (від випадкових об'єктів) і вільних асоціацій для їх розвитку, але і принципи постійної підтримки в мозку творчої особи джерела збудження, високого рівня уваги і фантазії, концентрації уваги на фокальному об'єкті, до якого по черзі "приміряються" ознаки випадкових об'єктів і вільні асоціації.

Метод включає наступні етапи:

- 1) вибір фокального об'єкту;
- 2) вибір трьох-п'яти випадкових об'єктів;
- 3) складання списків ознак для кожного випадкового об'єкту;
- 4) генерація ідей за допомогою приєднання до фокального об'єкту ознак випадкових об'єктів;
- 5) розвиток отриманих поєднань шляхом вільних асоціацій;
- 6) оцінку отриманих ідей і відбір корисних рішень.

Метод простий в застосуванні, дозволяє отримати практично необмежене число ідей, але не гарантує їх придатність і якість. Він не орієнтований на застосування ЕОМ. Метод є найпростішим евристичним асоціативним прийомом, який поєднує психологічну активність прогнозиста (групи прогнозистів) з пошуком нових властивостей для об'єкту прогнозування, використовуючи асоціації і віддалені аналогії. Цей процес відбувається на фоні достатнього запасу індивідуальних знань і досвіду фахівця даної області, а також його особистих схильностей і поглядів.

Метод може бути рекомендований для вирішення задач прогнозування, пов'язаних з дослідженням властивостей і функцій соціально-економічних систем.

Метод гірлянд випадковостей і асоціацій.

Метод, який вперше був запропонований радянським ученим Г.Я. Бушем в 70-х роках, може розглядатися як подальший розвиток фокальних об'єктів. Його суть полягає у передачі характеристик випадкових об'єктів, а також елементів, що генеруються на основі цих характеристик, на об'єкт, який вивчається. Використовуючи синоніми (аналоги) цього об'єкта і гірлянди асоціацій, проводиться подальший аналіз, розвиток отриманих комбінацій і відбір раціональних варіантів.

Цей метод відноситься до стратегії ненаправленою вільного пошуку раніше невідомих рішень на основі нових понять і характеристик, вільних асоціацій і спроб отримати значущі корисні поєднання (комбінації) цих понять і характеристик, які генеруються.

Етапи і процедури методу можна описати таким чином:

- Встановлення синонімів для об'єкту.
- Вибір випадкових об'єктів.
- Створення комбінацій з елементів гірлянд синонімів об'єкту та випадкових об'єктів.
- Створення переліку або таблиці характеристик випадкових об'єктів.
- Розвиток ідей шляхом поступового додавання характеристик випадкових об'єктів до об'єкту та його синонімів.

- Генерація асоціаційних гірлянд (послідовно створення "вторинних понять" та характеристик на основі кожної характеристики випадкових об'єктів).
- Розвиток нових ідей шляхом спроб комбінування елементів асоціаційних гірлянд з характеристиками гірлянд синонімів об'єкту.
- Вибір альтернативи шляхом аналізу отриманих ідей та припинення генерації асоціаційних гірлянд та комбінацій понять.
- Оцінка та відбір раціональних варіантів ідей.
- Вибір найкращого (оптимального) варіанту. Процес включає як творчі, так і нетворчі операції.

Цей метод є простим і доступним, але він застосовується переважно для вузького кола простих пошукових задач. Можна використовувати комп'ютерну технологію як джерело інформації або для активної взаємодії. Цей метод можна поєднувати з іншими методами, такими як метод фокальних об'єктів, "мозковий штурм", морфологічний аналіз, функціонально-вартісний аналіз. Використання цього методу розповсюджене в задачах прогнозування різних процесів. Крім того, він може бути корисним при аналізі об'єкту, який потребує прогнозування.

Метод морфологічного аналізу.

Ідею морфологічного аналізу щодо пошукового вирішення проблем вперше запропонував Луллі (1235-1315) - логік і містик, і пізніше метод урізноманітнив і розробив Ф. Цвікі у 1942 році.

Морфологічний аналіз спрямований на пошук цільових рішень шляхом виявлення нових варіантів реалізації складових частин об'єкта прогнозування з урахуванням його структури (морфології).

Суть методу полягає у наступному: проблема, яка потребує рішення, розглядається з більш загальної перспективи для виявлення всіх можливих варіантів. Потім шляхом систематичного розгляду всіх можливостей в рамках абстрактної структури визначається простір всіх можливих рішень - це й є метою. Під час дослідження серед виявлених нових рішень можуть з'явитися ті, які викликають особливий інтерес.

Для застосування методу необхідно:

- Методологічне забезпечення, тобто вивчення структури, змісту, правил і процедур морфологічного дослідження фахівцями.
- Інформаційне забезпечення, включаючи підготовку інформаційних матеріалів для формулювання проблеми.
- Математичне і програмне забезпечення, що включає розробку алгоритмів і програм для автоматизації процесів і полегшення творчого компонента.

Метод дозволяє отримати значну кількість можливих рішень для будь-якої розглянутої проблеми, при цьому процедура пошуку відносно проста.

Недоліком методу є складність розгляду всіх можливих варіантів рішення проблеми. На сьогодні немає універсальних способів об'єктивної оцінки ефективності різних варіантів рішень. Однак метод застосовується для розв'язання прогностичних завдань у різних сферах соціально-економічного розвитку. При морфологічному аналізі виникає необхідність інтерпретації формальних прогнозів у змістовому контексті.

4.2. Організація і проведення експертного опитування

Для проведення якісної експертизи необхідно враховувати наступні умови:

- Наявність експертної комісії, яка складається з фахівців, знайомих з об'єктом експертизи та мають досвід у цій галузі.
- Присутність аналітичної групи, яка володіє професійними навичками організації та проведення експертиз, а також методами збору та аналізу експертної інформації.
- Отримання достовірної експертної інформації.
- Коректна обробка та аналіз експертної інформації.

Основні етапи експертизи можуть бути такими:

- Формулювання мети експертизи.
- Побудова об'єктів оцінювання або їх характеристик (цей етап може бути виконаний перед початком експертизи).
- Відбір експертів та формування експертної групи, враховуючи напрямок дослідження.
- Визначення методу експертного оцінювання та способу представлення експертних оцінок. Це включає методичне, інформаційне, кадрове, програмне та технічне забезпечення дослідження.
- Заохочення членів експертної групи та проведення експертизи.
- Обробка та аналіз результатів експертизи.
- Проведення повторної експертизи, якщо потрібно уточнити або зблизити думки експертів.
- Формування варіантів рекомендацій.

Методичне забезпечення включає розробку прогностичних анкет, складання інструкцій щодо їх заповнення, а також моделей та методик, необхідних для розрахунку системи показників, що використовуються в експертних оцінках.

Анкети повинні містити запитання, які точно відображають суть проблеми і на які експерти мають надати відповіді. Форма і зміст питань визначаються особливостями об'єкта дослідження.

Питання в анкетах можна поділити на відкриті та закриті, прямі та непрямі, залежно від того, яку форму вони мають.

Кількість питань в анкеті має велике значення під час проведення експертизи. Існує максимальна межа кількості питань, яку експерти зможуть адекватно оцінити. Ця межа залежить від типу питань. Зазвичай приймається верхня межа в 25 питань, але у деяких випадках це число може бути більшим. Якщо кількість питань перевищує 50, керівник експертизи повинен ретельно їх вивчити, щоб бути впевненим, що така кількість є обґрунтованою і спрямована на вирішення важливих проблем, дозволяючи експертам сконцентруватися на поставлених завданнях або виділити основні запитання.

Обробка анкет включає розрахунок різних показників, які, в кінцевому підсумку, допомагають зробити остаточні висновки. Організатори експертизи повинні бути спеціалістами, що володіють методами обробки даних, що містяться в анкетах.

Перед вибором та формулюванням завдання колективної експертної оцінки на етапі передпрогносної орієнтації проводиться детальний і всебічний аналіз стану та тенденцій розвитку прогнозованого процесу (явища, об'єкта) в країні та за кордоном.

Для реалізації експертної оцінки, як і будь-якого іншого методу прогнозування, необхідне відповідне програмне та технічне забезпечення. Технічне забезпечення включає обчислювальну техніку та засоби зв'язку, а програмні засоби повинні забезпечити створення та зберігання масивів інформації, їх друку та інші функції.

Види експертних оцінок.

Експертиза включає вимірювання та порівняння об'єктів, що супроводжується їх оцінюванням. Оцінки можуть бути різних типів. У відміню від кількісних оцінок, які відповідають об'єктивним вимірюванням конкретних показників, в експертизі використовуються бальні оцінки, які відображають суб'єктивні думки експертів. Бальна шкала складається з обмеженого ряду чисел, розташованих у рівновіддалених позиціях.

Бальні оцінки можуть бути двох видів:

Оцінки першого виду ґрунтуються на об'єктивному критерії, загальноприйнятому еталоні, і відповідають градаціям цього еталону. Чим точніше характеристика й оцінка відхилення від еталону, тим більшу довіру вони отримують. У такому випадку оцінювання здійснюється за бальною шкалою.

Бальні оцінки другого виду використовуються тоді, коли відсутні не лише загальноприйняті еталони, але і однозначний об'єктивний критерій, який би дозволяв надати суб'єктивній оцінці вигляд. У таких випадках застосовується порядкова (рангова) шкала, де оцінки можна порівнювати за принципом "більше-менше".

Відбір експертів та формування експертної групи.

Формування групи експертів для вирішення певного евристичного завдання є не менш важливим ніж адекватна обробка інформації, отриманої від експертів.

Експерти повинні мати досвід в областях, що відповідають вирішуваним завданням. При підборі експертів слід враховувати момент особистої зацікавленості, який може стати суттєвою перешкодою для одержання об'єктивного судження.

Формування експертної групи базується на аналізі компетентності експертів, який може бути здійснений різними методами, наприклад:

- а) за частотою цитування чи кількістю публікацій експерта;
- б) за результатами оцінки раніше виконаних прогнозів;
- в) за результатами самооцінки;
- г) за результатами взаємооцінки.

Застосування перших двох методів доцільне на етапі відбору потенційних експертів. Такий відбір може проводитися завчасно і може супроводжуватися залученням самого потенційного експерта, а може і відбуватися без його відома. На цьому етапі може бути пропрацьована значна кількість претендентів.

Коли коло претендентів у експерти визначено, проводиться аналіз компетентності шляхом самооцінки та взаємооцінки експертів.

Аналіз компетентності, як правило, здійснюють за допомогою спеціальних анкет. У відповідях на них претенденти в експерти мають продемонструвати свої ділові і фахові якості, а також аналітичні здібності.

Самооцінка експерта базується на його власних судженнях щодо своїх професійних компетентностей. Як правило, компетентність експерта визначається двома складовими: загальна обізнаність експерта щодо поставленої проблеми та залученість до вирішення подібних проблем у даний час. Показником самооцінки компетентності експерта може слугувати такий коефіцієнт:

$$k_k = \frac{k_3 + k_0}{2},$$

де k_k – коефіцієнт самооцінки компетентності експерта;

k_3 – коефіцієнт міри залученості експерта до вирішення проблеми.

Він визначається шляхом самооцінки експерта, наприклад, за десятибальною шкалою:

0 – експерт не розуміється на питанні;

1, 2, 3 – експерт мало розуміється на питанні, але воно належить до кола його інтересів;

4, 5, 6 – експерт задовільно розуміється на питанні, але не бере безпосередньої участі в практичному розв'язанні його;

7, 8, 9 – експерт добре розуміється на питанні, бере участь у практичному розв'язанні його;

10 – питання належить до кола вузької спеціалізації експерта.

Експерту пропонують самому оцінити міру залученості і вказати відповідний бал, який потім помножують на 0,1 і отримують коефіцієнт k_3 ;

k_0 – коефіцієнт обізнаності у шляхах вирішення проблеми, який розраховується подібно попередньому за десятибальною шкалою.

Взаємооцінка експерта базується на судженнях інших експертів щодо професійних компетентностей один одного. Для цього складається матриця оцінки компетентностей експертів, що пропонується до заповнення кожному з учасників групи потенційних експертів. Матриця заповнюється оцінками експертів, що вказані у рядках, щодо експертів, які вказані у стовбцях. Оцінки $X_{11} \dots X_{nn}$ мають значення "1", якщо експерт, якого оцінюють, визнається фахівцем, та значення "0" – якщо не визнається.

Номер експерта, що оцінює (i)	Номер експерта, якого оцінюють (j)			
	1	2	...	N
1	X_{11}	X_{12}		X_{1n}
2	X_{21}	X_{22}		X_{2n}
3	X_{31}	X_{32}		X_{3n}
.				
.				
.				
N	X_{n1}	X_{n2}		X_{nn}
$\sum_{i=1}^n X_{i1}$	$\sum_{i=1}^n X_{i1}$	$\sum_{i=1}^n X_{i2}$...	$\sum_{i=1}^n X_{in}$
K_j^1	K_1^1	K_2^1		K_n^1

За результатами розраховуються коефіцієнти компетентності експертів першого порядку:

$$K_j^1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij}},$$

де X_{ij} – результат опитування, висновок, наданий i -тим експертом з приводу компетентності j -того експерта;

i – номер експерта, що оцінює;

j – номер експерта, якого оцінюють;

$X_{ij} = 1$, якщо i -тий експерт назвав j -того експерта;

$X_{ij} = 0$, якщо i -тий експерт не назвав j -того експерта;

K_j^1 – коефіцієнт компетентності першого порядку j -того експерта, який показує частку голосів, отриманих j -тим експертом, у загальній сумі голосів.

У багатьох випадках складається ситуація, коли коефіцієнти компетентності експертів першого порядку отримуються однаковими для декількох експертів. Але для чіткого ранжування усіх претендентів у експерти, така ситуація небажана. Для вирішення цього складається матриця розрахунку коефіцієнтів компетентності експертів другого порядку, відмінністю якої є те, що експерти один одному виставляють не оцінки "0" та "1", а оцінки коректуються на коефіцієнт компетентності першого порядку того експерта, який оцінює. Тобто цей експерт виставляє вже не "1", а ту власну оцінку, яку він "заробив" у матриці першого порядку.

Номер експерта, що оцінює (i)	Номер експерта, якого оцінюють (j)			
	1	2	...	N
1	$K_1^1 X_{11}$	$K_1^1 X_{12}$		$K_1^1 X_{1n}$
2	$K_2^1 X_{21}$	$K_2^1 X_{22}$		$K_2^1 X_{2n}$
3	$K_3^1 X_{31}$	$K_3^1 X_{32}$		$K_3^1 X_{3n}$
.				
.				
.				
N	$K_n^1 X_{n1}$	$K_n^1 X_{n2}$		$K_n^1 X_{nn}$
$\sum_{i=1}^n K_i^1 X_{ij}$	$\sum_{i=1}^n K_i^1 X_{i1}$	$\sum_{i=1}^n K_i^1 X_{i2}$...	$\sum_{i=1}^n K_i^1 X_{in}$
K_j^2	K_1^2	K_2^2		K_n^2

За результатами розраховуються коефіцієнти компетентності експертів другого порядку:

$$K_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij} \cdot K_i^1}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij} \cdot K_i^1},$$

де K_j^1 – коефіцієнт компетентності першого порядку j -того експерта, який показує частку голосів, отриманих j -тим експертом, у загальній сумі голосів;

K_j^2 – коефіцієнт компетентності другого порядку j -того експерта, який показує частку голосів, отриманих j -тим експертом, у загальній сумі голосів.

Якщо за результатами розрахунку коефіцієнтів компетентності експертів другого порядку все одно залишаються експерти з однаковими коефіцієнтами, то подібним чином розраховуються коефіцієнти компетентності експертів третього порядку і т.д.

У якості додаткового показника, що характеризує якість та компетентність експертів, можна використовувати *показник активності експертів* k_{aei} , який визначається таким чином:

$$k_{aej} = \frac{m_j}{m},$$

де k_{aei} – коефіцієнт активності експертів по j -му фактору;

m_j – кількість експертів, що оцінили j -й фактор;

m – загальна кількість експертів.

Чим більше k_{aei} , тим більша кількість експертів вважають себе компетентними в оцінюванні j -го фактору. Цей показник може бути розрахованим лише після основної процедури отримання та обробки експертної інформації.

Отримані коефіцієнти самооцінки та взаємооцінки компетентності експертів можуть бути агреговані, наприклад, усереднені між собою. Це дає можливість упорядкувати усіх претендентів у експерти у єдиний рейтинговий ряд, який уособлює якісний склад експертної групи.

Надалі необхідно визначити кількісні параметри експертної групи. Для цього застосовуються критерії мінімальної та максимальної чисельності експертної групи.

Використовуючи криві залежності середньої групової помилки й чисельності групи, які приводяться в науково-практичних джерелах з прогнозування, організатори експертизи обирають оптимальну чисельність групи.

Встановлення припустимої величини зміни середньої помилки експертної оцінки при виключенні 1 експерта із експертної групи, дає можливість розрахувати мінімальну й максимальну чисельність групи й обрати оптимальну.

Максимальна чисельність експертної групи встановлюється на основі нерівності:

$$n_{\max} \leq \frac{3 \sum_{i=1}^n K_i}{2K_{\max}},$$

де n_{\max} – максимальне число експертів в групі;

K_i – компетентність i -го експерта за шкалою компетентності;

K_{\max} – максимально можлива компетентність експерта за шкалою компетентності.

Цей розрахунок базується на застосуванні співвідношення 2 до 3 як достатнього для представництва у колегіальному рішенні. Наприклад, переважна частина процедур голосування налаштована на те, що рішення вважається прийнятим, якщо за нього проголосувало 2/3 голосів. Критерієм максимальної кількості експертів у групі є також співвідношення компетентності окремого експерта до максимально можливої компетентності у цій групі як 2/3.

Мінімальна чисельність експертної групи визначається за нерівністю:

$$\frac{B-B'}{B_{\max}} < \varepsilon,$$

де B – середня оцінка прогнозованої величини в балах;

B' – середня оцінка, яка дана експертною групою, з якої виключений (або ж, навпаки, в яку включений) один експерт;

B_{\max} – максимально можлива оцінка прогнозованої величини в прийнятій шкалі оцінок;

ε – задана величина зміни середньої помилки при включенні чи виключенні експерта.

На основі цієї нерівності встановлюється мінімальна кількість експертів в групі за визначенням в залежності від заданої величини зміни середньої оцінки ε :

$$n_{\min} = 0,5 \left(\frac{3}{\varepsilon} + 5 \right).$$

В кінцевому підсумку, оптимальна чисельність експертної групи встановлюється в межах $n_{\min} < n < n_{\max}$.

При виборі групи експертів варто враховувати наступні аспекти:

Відповідність мети експертів меті експертизи, тобто ймовірність того, що їхні оцінки будуть об'єктивними. Треба звернути увагу на те, наскільки експерти відповідають потребам і цілям експертизи.

Група експертів не повинна складатися з представників лише однієї спеціальності, оскільки це може призвести до однобічних оцінок. Важливо мати різноманітність фахівців, які мають різні погляди та досвід.

Створення умов, які сприяють об'єктивності та зацікавленості експертів у наданні найточніших оцінок, є доцільним. Такі умови можуть включати постановку чітких завдань, надання неупередженої інформації, застосування анонімності або конфіденційності.

Крім оцінки компетентності фахівців, при формуванні експертної групи потрібно звернути увагу на ряд інших факторів або умов. Наприклад, важливо уникнути впливу традиційних або професійних переконань певного кола експертів, оскільки це може спотворити прогноз. Для усунення або мінімізації такого впливу доцільно включати в експертну групу представників різних напрямків у даній сфері. Крім того, у складі експертної групи повинні бути спеціалісти різного віку, різних організацій і бажано з різних географічних місць.

Аналітична обробка інформації, що отримана від експертів.

Застосування колективних експертних методів є складнішим з точки зору організації роботи групи експертів, але значно легшим з точки зору обробки результатів. Колективний метод дає спільну узагальнену оцінку, що не потребує додаткової перевірки на ступінь узгодженості між собою окремих думок окремих експертів, так як таких окремих думок немає. У подальшому спільна оцінка потребує лише визначення меж довірчих інтервалів при переході з точкового на інтервальний прогноз.

Застосування індивідуальних методів потребує додаткової статистичної обробки. "Знімання" інформації з експерта найчастіше та найпростіше організовується у вигляді опитування. Конкретна форма опитування визначається організатором і може залежати від багатьох факторів. Експерти можуть працювати абсолютно автономно один від одного, використовувати різні методи аналітичної обробки інформації, використовувати різні шкали вимірювань.

Отже, застосування індивідуальних методів експертної оцінки припускає проходження декількох обов'язкових етапів.

1. *Інтуїтивно-логічний аналіз задачі.* Будується на логічному мисленні і інтуїції експертів, заснований на їхніх знаннях і досвіді. Під час цього етапу експерт обмірковує задачі і визначає найбільш доцільний для нього спосіб її вирішення.

2. *Розв'язок і надання кількісних або якісних оцінок.* На цьому етапі експерт власне реалізує свій експертний потенціал та компетентності і надає шукану оцінку. Експерт використовує певний метод аналітичної обробки інформації.

3. *Обробка результатів розв'язку і формування узагальненої оцінки.* Отримані від експертів оцінки повинні бути оброблені з метою одержання загальної підсумкової оцінки проблеми. Залежно від поставленої задачі змінюється кількість виконуваних на цьому етапі розрахункових і логічних процедур. Цей етап виконується організатором експертизи і застосовується метод узагальнення, прийнятний для умов, що склалися, та для розуміння організатора.

4. *Встановлення міри узгодженості думок експертів.* Цей етап є принциповим для відповіді на запитання щодо доцільності використання результатів експертної оцінки. За ступенем узгодженості думок експертів можна оцінити цінність їхньої оцінки та правильність визначення складу експертної групи за рівнем професійних компетентностей. Серед експертів можуть бути групи з високо узгодженими думками, але ці думки є протилежними по суті та у загальній масі оцінок нейтралізують одна одну. У такому випадку потрібно провести новий відбір експертної групи з потенційних претендентів за іншими критеріями.

5. *Перевірка результатів оцінювання на статистичну достовірність, надійність та формування інтервального прогнозу (за потребою).* На цьому етапі проводиться традиційна статистична перевірка отриманих результатів оцінювання за критеріями надійності та достовірності. За умови достатньої достовірності та надійності може бути визначений довірчий інтервал для експертної оцінки з необхідним рівнем вірогідності.

4.3. Методи надання кількісних або якісних оцінок експертами

Метод ранжування.

Це впорядкування об'єктів за зменшенням віддання переваги (допускається рівноцінність об'єктів та їхніх оцінок).

Досліджувані об'єкти, проблеми чи явища можна пізнати чи розрізнати з урахуванням властивих їм чинників.

Фактор - це властивість елемента об'єкта, який дозволяє на множині, що складається, принаймні, з двох елементів, відображати різні рівні деяких величин, що підлягають розгляду.

Кожен фактор, висловлюючи певну властивість елемента об'єкта, одночасно є оцінкою ставлення до цієї властивості з боку рішення.

Рівень одних факторів може бути виражений кількісно (у грошових одиницях, відсотках, тоннах тощо). Такі чинники називають кількісними. Рівень інших не можна висловити за допомогою числа і їх зазвичай називають якісними.

При вирішенні багатьох практичних завдань часто виявляється, що фактори, що визначають кінцеві результати, не піддаються безпосередньому виміру. У таких випадках застосовується процедура ранжування.

Ранжування може застосовуватись у таких ситуаціях:

коли необхідно впорядкувати будь-які явища (об'єкти) у часі чи просторі. Це ситуація, коли цікавляться не порівнянням ступеня вираженості будь-якої їхньої якості, а лише взаємним просторовим чи часовим розташуванням цих об'єктів (явищ);

коли потрібно впорядкувати об'єкти відповідно до будь-якої якості, але при цьому не потрібно проводити його точний вимір;

коли якась якість у принципі вимірна, проте зараз не може бути виміряна з причин практичного або теоретичного характеру.

Під ранжуванням розумітимемо процедуру розташування факторів $x_i (i = 1, \dots, n)$ в порядку їх суттєвості: на першому місці стоїть найістотніший, слідом за ним менш суттєвий, але найважливіший із тих, що залишилися, і т.д.

Розглянемо сутність ранжування на прикладі ранжування входів і виходів об'єкта управління.

Перш, ніж проводити селекцію входів, необхідно їх проранжувати за рівнем їхнього впливу на реалізацію мети управління об'єктом. Це означає, що кожному входу $x_i (i = 1, \dots, n)$ слід поставити відповідність деяке ціле число – його ранг: $x_i \rightarrow k_i (i = 1, \dots, n)$, де одиничний ранг ($k_i = 1$) має вхід, що найбільше впливає на реалізацію мети управління. Другий ранг ($k_i = 2$) і т.д. має входи, що впливають менш істотно, як одиничний. Тут індекси при рангах визначають номер ранжованого входу від першого до n -го. Розташуємо тепер входи в порядку зростання їхніх рангів: $x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_n}$, де індекс i_j дорівнює номеру фактору з рангом j .

Побудований ряд $x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_q}, \dots, x_{i_n}$, називається ранжованим рядом.

На першому місці в ньому стоїть найістотніший вхід (його порядок i_1), а далі йдуть інші, у порядку зменшення їхнього впливу на цілі управління.

За необхідності обмеження врахування вхідних сигналів у системі доцільно залишити лише q входів, ними будуть чинники з номерами від i_1 до i_q , тобто ті, що мають q рангів.

Скласти ранжовану послідовність можна за допомогою фахівців-експертів, які мають уявлення про майбутній алгоритм управління цим об'єктом.



Приклади

Приклад використання методу ранжування.

Нехай при $n = 5$ (n – кількість входів системи) послідовність рангів має вигляд: 3, 1, 5, 4, 2.

За результатами ранжування можна дійти висновку, що найбільший вплив на мету управління, з урахуванням можливості виміру, має другий вхід x_2 . Йому приписується ранг, що дорівнює одиниці ($k_2 = 1$). Другий ранг має п'ятий вхід ($k_5 = 2$) тощо, тобто у порядку зниження значущості вхідного сигналу на систему маємо: $k_2 = 1, k_5 = 2, k_1 = 3, k_4 = 4, k_3 = 5$.

Процедура ранжирування керуючих впливів $U = (u_1, \dots, u_q)$ та виходів об'єкта $Y = (y_1, \dots, y_q)$ аналогічна процедурі ранжування вхідних параметрів системи.

При цьому, порядкова шкала, одержувана в результаті ранжування, повинна задовольняти умові рівності числа рангів N числу об'єктів n , що ранжуються.

Якщо експерт присвоює різним об'єктам той самий ранг, число рангів N виявляється не рівним числу ранжованих об'єктів n .

У такому разі об'єктам приписують стандартизовані ранги.

Отримання стандартизованих рангів: загальну кількість стандартизованих рангів вважають рівною n ; об'єктам, що мають однакові ранги, надають стандартизований ранг, значення якого становить середнє від суми місць об'єктів з однаковими рангами, поділеної на натуральне число, яким виражений ранг.

Нехай, наприклад, шести об'єктам (альтернативам, факторам) надано такі ранги:

i	1	2	3	4	5	6
x_i	1	2	3	3	2	3

Тоді об'єктам 2 та 5, що поділили між собою друге та третє місця, приписується стандартизований ранг $S = (2 + 3) / 2 = 2,5$, а об'єктам 3, 4 та 6, що поділили 4, 5, 6-е місця, приписується стандартизований ранг $S = (4 + 5 + 6) / 3 = 5$. У результаті отримуємо наступне ранжування:

i	1	2	3	4	5	6
x_i	1	2,5	5	5	2,5	5

Сума рангів S_n , отримана в результаті ранжування n об'єктів, дорівнюватиме сумі чисел натурального ряду, тобто:

$$S_N = \sum_{i=1}^n x_i = \frac{n(n+1)}{2}.$$

$$S_N = 1 + 2,5 + 5 + 5 + 2,5 + 5 = \frac{6(6+1)}{2} = 21.$$

Коли ранжування провадиться кількома експертами, спочатку для кожного об'єкта (фактору) підраховують суму рангів

$$S_N = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij},$$

отриману від усіх експертів, а потім, виходячи з цієї величини, встановлюють результуючий ранг для кожного об'єкта (фактору).

Найвищий (перший) ранг надають об'єкту, який отримав найменшу суму рангів, і навпаки, об'єкту, який отримав найбільшу суму рангів, надають найнижчий ранг N. Інші об'єкти впорядковують відповідно до значення суми рангів щодо об'єкта, якому присвоюється перший ранг.

Ключовий недолік методу ранжування – неможливість врахувати ступінь відмінності об'єктів, наскільки кількісно далекі один від одного різні об'єкти, що мають сусідні ранги.

Метод безпосередньої оцінки.

Метод безпосередньої оцінки дозволяє виявити чіткіше різницю між факторами.

Суть методу: діапазон зміни будь-якої якісної змінної розбивається на кілька інтервалів, кожному з яких надається певна оцінка (бал), наприклад, від 0 до 10.

Завдання експерта:

помістити кожен з об'єктів (факторів), що розглядаються, у певний оціночний інтервал або відповідно до ступеня володіння тією чи іншою властивістю, або відповідно до припущень експерта про їхню значимість. Експерту дозволяється давати одну й ту саму оцінку двом (або кільком) якісно різним факторам.

Нехай, наприклад, t експертів оцінили (за шкалою від 0 до 100) k факторів з погляду їхньої важливості задля досягнення певної мети.

Фактори	a	b	c	d	e	f	g	h	k
Оцінка	60	30	50	90	20	100	50	70	20

Принциповим моментом методу безпосередньої оцінки є можливість встановлення не тільки зростаючої або спадної послідовності факторів, на основі їхньої оцінки, а і встановлення ступеня кількісної відмінності оцінок окремих факторів. Така можливість відсутня у простому ранжуванні.

Для того, щоб безпосередні оцінки були порівнянними за умови використання різних шкал виміру для цих оцінок (наприклад, один експерт дає оцінки в діапазоні 1...10, а другий – в діапазоні 1...100), їх необхідно перевести у відносний вигляд за допомогою процедури статистичного нормування.

Нормування будь-якої міри означає, що її число для всієї множини в цілому приймається рівним одиниці. Нормування дозволяє встановити тісніший зв'язок між оцінками, наданими експертами окремим факторам. З цією метою оцінки з усіх факторів, дані в одній вимірювальній шкалі, підсумовуються, а потім кожна з них поділяється на отриману суму.

Фактори	a	b	c	d	e	f	g	h	k
Оцінка	60	30	50	90	20	100	50	70	20
Нормована оцінка	0,12	0,06	0,10	0,18	0,04	0,20	0,10	0,14	0,04

У разі участі в експертизі кількох експертів використовують усереднену оцінку (вага) для кожного фактору. Для цього нормовані оцінки кожного фактору підсумовуються, а потім отримана сума ділиться на кількість експертів.

Метод послідовних порівнянь.

Цей спосіб полягає у присвоєнні оцінок з урахуванням їхнього послідовного порівняння.

Процедура послідовних порівнянь наступна.

1. Експерту надається перелік факторів, які необхідно оцінити за їхньою відносною важливістю та ранжувати. Найбільш важливому фактору надається оцінка = 1, а решті факторів - оцінки між 0 і 1 у порядку їхньої відносної важливості.

2. Експерт встановлює, чи є фактор з оцінкою 1 важливішим, ніж сума інших факторів. Якщо так, він збільшує оцінку v_1 , щоб вона була більше, ніж сума решти, тобто $v_1 > \sum_{m=2}^m v_i$.

Якщо ні, він коригує оцінку (якщо необхідно), щоб вона була менше суми решти, тобто $v_1 < \sum_{i=2}^n v_i$.

3. Далі визначається, чи важливіше другий найважливіший фактор, ніж інші фактори, що отримали нижчі оцінки; повторюється та сама процедура, що й для v_1 . Процедура послідовних порівнянь триває до $(n - 1)$ -го фактору.

Приклад. Припустимо, що можливі чотири фактори, які необхідно розташувати за їхньою значимістю. Процедура полягатиме в наступному.

1. Упорядкуємо чотири фактори щодо їхньої значущості.

O_1 - найважливіший фактор,

O_2 - наступний за важливістю,

далі йдуть O_3 та O_4 .

2. Надамо вагу 1,00 найважливішому фактору і деякі інші ваги - іншим факторам. Так, експерт може приписати факторам O_1 , O_2 , O_3 та O_4 ваги 1,00; 0,80; 0,50 та 0,30 відповідно.

3. Позначимо ці величини (ваги 1,00; 0,80; 0,50 і 0,30) символами v_1, v_2, v_3, v_4 ; їх слід розглядати як перші оцінки "справжніх" значень O_1, O_2, O_3 та O_4 .

4. Проведемо порівняння O_1, O_2, O_3 та O_4 , тобто з'ясуємо, що вибере експерт, якщо йому надати можливість "отримати" результат O_1 або суму результатів O_2, O_3 та O_4 .

Припустимо, що експерт стверджує, що O_1 краще цієї суми. Тоді значення оцінки v_1 слід змінити так, щоб виконувалася нерівність $v_1 > v_2 + v_3 + v_4$.

Наприклад, можна прийняти, що $v_1 = 2,00$; $v_2 = 0,80$; $v_3 = 0,50$; $v_4 = 0,30$.

Початкові значення оцінок для O_2, O_3 та O_4 залишилися без змін. Змінилася вага O_1 з 1,00 до 2,00.

5. Порівняємо далі O_2 з O_3 та O_4 . Припустимо, що сумарний результат O_3 та O_4 кращий. Тоді потрібна подальша зміна початкових оцінок. Наприклад, можна прийняти $v_1 = 2,00$; $v_2 = 0,70$; $v_3 = 0,50$; $v_4 = 0,30$.

6. Якщо ці оцінки не суперечать думкам експертів, можна їх нормувати, розділивши кожну з них на суму всіх оцінок, яка в даному випадку дорівнює 3,50. Позначивши нормовані оцінки символами v'_i , отримаємо:

$$v'_1 = \frac{2,00}{3,50} = 0,57;$$

$$v'_2 = \frac{0,70}{3,50} = 0,20;$$

$$v'_3 = \frac{0,50}{3,50} = 0,14;$$

$$v'_4 = \frac{0,30}{3,50} = 0,09.$$

Разом 1,00.

Метод парних порівнянь.

Парне порівняння – це встановлення переваги факторів при порівнянні всіх можливих пар. Тут не потрібно, як при ранжируванні, упорядковувати всі фактори, необхідно в кожній з пар виявити більш значимий фактор або встановити їхню рівність.

Парне порівняння можна проводити при великій кількості факторів, а також у тих випадках, коли відмінність між факторами є настільки незначною, що ранжирування є практично неможливим.

Для застосування методу складається матриця порівняння, в якій попарно порівнювані фактори розташовані двічі – у рядках та у стовбцях. Експерт попарно порівнює фактор, розташований у першому рядку, з кожним з факторів, що розташовані у стовбцях. Якщо, на думку експерта, фактор у стовбці важливіший за фактор у рядку, то у клітинці на перетині записується 1, якщо не важливіший, то записується 0. При цьому дуже важливо заповнити протилежний перетин цих же факторів навпаки. Наприклад, якщо у перетин *ab* записується 1, то у перетин *ba* одночасно записується 0. Процедура повторюється для усіх рядків послідовно.

Фактори	a	b	c	d	e	f	g	h	k
a		1	1	0	1	1	0	0	0
b	0		1	1	1	0	0	1	1
c	0	0		0	1	1	1	0	0
d	1	0	1		0	0	0	0	0
e	0	0	0	1		1	0	1	0
f	0	1	0	1	0		1	1	1
g	1	1	0	1	1	0		0	0
h	1	0	1	1	0	0	1		1
k	1	0	1	1	1	0	1	0	
Сума оцінок <i>j</i> -го фактору, $S_j = \sum_{j=1}^n X_j$	4	3	5	6	5	3	4	3	3
Нормована сума оцінок <i>j</i> -го фактору	0,11	0,08	0,14	0,17	0,14	0,08	0,11	0,08	0,08

Якщо у дослідженні приймає участь декілька експертів, то така матриця порівняння складається окремо для кожного експерта. Кінцевий результат оцінювання кожним з експертів – нормована сума оцінок *j*-го фактору – переноситься до підсумкової таблиці, на основі якої може здійснюватися узагальнення оцінок експертів, будь-яким з доступних методів, та проводиться оцінка ступеня узгодженості думок експертів.

Обробка результатів розв'язку і формування узагальненої оцінки.

В економічному прогнозуванні часто використовується метод оцінки порівняльної важливості окремих факторів, параметрів або напрямків. Цей метод не обмежується простим обробленням даних з опитувальних анкет.

Оцінка експертом відносної важливості факторів зазвичай здійснюється шляхом призначення кількісної оцінки за певною шкалою, наприклад, за 100-бальною системою. Кожному фактору або параметру надається певна кількість балів в діапазоні від 0 до 100. Нульова оцінка вказує на те, що фактор не має суттєвого значення згідно з експертною думкою, а 100 балів присвоюються найважливішому фактору. Якщо експерт вважає, що декілька факторів мають однакову важливість, вони можуть отримати однакову оцінку.

Дані експертизи представляють собою сукупність оцінок, які кожен експерт надає кожному з оцінюваних об'єктів прогнозування. Якщо застосовуються різні шкали оцінювання, то для порівняння оцінок експертів необхідно виконати процедуру статистичного нормування.

Результати, отримані від кожного окремого експерта, заносяться до таблиці.

Фактори	Експерти						
	1	2	3	...	i	...	m
x_1	α_{11}	α_{12}	α_{13}	...	α_{1i}	...	α_{1m}
x_2	α_{21}	α_{22}	α_{23}	...	α_{2i}	...	α_{2m}
x_3	α_{31}	α_{32}	α_{33}	...	α_{3i}	...	α_{3m}
...
x_j	α_{j1}	α_{j2}	α_{j3}	...	α_{ji}	...	α_{jm}
x_n	α_{n1}	α_{n2}	α_{n3}	...	α_{ni}	...	α_{nm}

де α_{ij} – нормована оцінка фактору, надана i -тим експертом j -тому фактору.

При обробці даних колективної експертної оцінки відносної ваги факторів, параметрів або напрямків, рекомендується використовувати метод рангової кореляції. Цей метод дозволяє нормалізувати оцінки факторів та розташувати їх у порядку спадання, отримуючи оцінки рангів. Ранг - це порядковий номер, який відображає положення кожного фактору в загальному наборі факторів. Зазвичай ранги відповідають числам натурального ряду $1, 2, 3, \dots, n$, де n - кількість ранжованих факторів. Найбільш важливому фактору присвоюється ранг 1, а найменш важливому фактору - ранг n . Якщо експертам присвоюється однакова кількість балів для декількох факторів, то цим факторам присвоюються стандартизовані ранги. Стандартизований ранг обчислюється як частка суми місць, які займають фактори з однаковими рангами, до загальної кількості таких альтернатив. Таким чином, метод рангової кореляції дозволяє привести оцінки факторів до єдиного стандартизованого шкалу рангів, що допомагає порівнювати їх відносно важливості. За результатами ранжування попередня таблиця приймає вигляд:

Фактори	Експерти						
	1	2	3	...	i	...	m
x_1	R_{11}	R_{12}	R_{13}	...	R_{1i}	...	R_{1m}
x_2	R_{21}	R_{22}	R_{23}	...	R_{2i}	...	R_{2m}
x_3	R_{31}	R_{32}	R_{33}	...	R_{3i}	...	R_{3m}
...
x_j	R_{j1}	R_{j2}	R_{j3}	...	R_{ji}	...	R_{jm}
x_n	R_{n1}	R_{n2}	R_{n3}	...	R_{ni}	...	R_{nm}

де R_{ij} – стандартизований ранг фактору, наданий i -тим експертом j -тому фактору.

Окремою, менш розповсюдженою, формою отримання експертної інформації є оцінка двох рядів даних (Y, X) , пов'язаних між собою. Така ситуація виникає, коли оцінюваним факторам можна надати лише якісну оцінку, але цю оцінку можна ранжувати. У такому випадку узагальнення оцінок окремих експертів не проводиться, а розраховуються парні коефіцієнти рангової кореляції (Кендалла або Спірмена), за якими оцінюється ступінь залежності двох випадкових якісних величин.

Встановлення міри узгодженості думок експертів.

При обробці результатів експертних оцінок за відносною важливістю напрямків визначається ряд статистичних характеристик, на основі яких оцінюється кожний фактор.

Сума рангів, призначених експертами j -ому фактору, визначається за формулою:

$$S_j = \sum_{i=1}^m R_{ij},$$

де R_{ij} – ранг наданий i -м експертом фактору j .

Очевидно, що під час порівняння значущості різних факторів найважливішим слід вважати той, що характеризується найбільшим значенням S_j .

Середній ранг для кожного фактору дорівнює:

$$\bar{S}_j = \frac{\sum_{i=1}^m R_{ij}}{m} = \frac{S_j}{m},$$

де m – кількість експертів, що оцінили j -й фактор.

Поряд з середніми рангами для кожного фактору визначається середня величина в балах:

$$M_j = \sum_{i=1}^m a_{ij} / m_j,$$

де a_{ij} – нормована оцінка фактору, надана i -тим експертом j -тому фактору.

m_j – кількість експертів, що оцінили j -й фактор.

При оцінці важливості окремих напрямків представляє інтерес показник частоти максимально можливих оцінок, що визначається за формулою:

$$k_{100j} = \frac{m_{100j}}{m_j},$$

де m_{100j} – кількість максимальних (наприклад, 100-бальних оцінок), наданих j -му фактору.

Цю величину розраховують для кожного з факторів досліджень, вона може коливатися у межах від 0 до 1. Нижня межа відповідає випадку, коли серед оцінок, одержаних j -м фактором, немає максимально можливих (100 балів) оцінок, а верхня – випадку, коли всі оцінки, одержані j -м фактором досліджень, є максимально можливими. Важливість j -го фактору збільшується при зміні k_{100j} від 0 до 1. Цей показник слід розглядати як додатковий до основного показника важливості M_j . Він характеризує значущість фактору і з точки зору кількості присуджених йому "перших місць".

Оскільки оцінки, поставлені кожним експертом окремим факторам, як правило, значно відрізняються, доцільно обчислювати розмах оцінок, використовуючи для цього залежність:

$$L_j = a_{jmax} - a_{jmin},$$

де L – розмах оцінок, в балах, даних j -му фактору;

a_{jmax} , a_{jmin} – відповідно максимальна та мінімальна оцінки, поставлені j -му фактору окремим експертом.

Крім абсолютних величин оцінки важливості напрямку при обробці даних анкет опитування застосовуються також відносні показники. Для цього індивідуальні показники спочатку нормуються, а потім обчислюються середньозважені величини.

Розкид думок експертів, рівень якого по суті відображає узгодженість їхніх думок, оцінюється за допомогою окремих статистичних показників, в тому числі:

1) дисперсія оцінок, наданих j -му фактору:

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{m_j - 1} \sum_{i=1}^m (a_{ij} - M_j)^2,$$

2) середньоквадратичне відхилення оцінок, наданих j -му фактору:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (a_{ij} - M_j)^2}{m_j - 1}},$$

3) коефіцієнт варіації оцінок, наданих j -ому фактору:

$$\gamma_j = \frac{\sigma_j}{M_j} * 100\%,$$

4) загальна дисперсія оцінок:

$$\sigma_o^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (M_j - M)^2,$$

де

$$M = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij}}{\sum_{j=1}^n m_j},$$

5) загальна дисперсія рангів:

$$\sigma_p^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\bar{S}_j - \bar{S})^2,$$

де \bar{S} – середня арифметична сум рангів оцінок, одержаних усіма факторами:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m R_{ij}}{\sum_{j=1}^n m_j}.$$

Основним показником рівня узгодженості думок експертів стосовно відносної важливості сукупності всіх запропонованих до оцінювання факторів слугує коефіцієнт множинної рангової кореляції (конкордації) W . Він являє собою удосконалений парний коефіцієнт рангової кореляції Кендалла.

Коефіцієнт конкордації приймає значення від 0 до 1. Чим більше значення коефіцієнта конкордації, тим вище ступінь узгодженості думок експертів. При $W = 1$ є повна узгодженість думок експертів; якщо $W = 0$, то узгодженість практично відсутня. Низьке значення цього коефіцієнта може бути отримано як за умови відсутності спільності думок всіх експертів, так і через наявність протилежних думок між підгрупами експертів, хоча всередині підгрупи узгодженість може бути високою. Формула розрахунку коефіцієнта конкордації W зустрічається у науково-практичних джерелах у двох виглядах:

$$1. \quad W = \frac{12d_{ij}^2}{m^2(n^3-n) - m \sum_{i=1}^m T_i},$$

де d_{ij}^2 – квадрат відхилення суми рангів оцінок, отриманих усіма факторами від середньої арифметичної сум рангів оцінок, одержаних усіма факторами від усіх експертів:

$$d_{ij}^2 = \sum_{i=1}^n S_j^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n S_j)^2}{n},$$

або:

$$2. \quad W = \frac{12S}{m^2(n^3-n) - m \sum_{i=1}^m T_i},$$

де $S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right)^2$;

T_i – показник однакових рангів оцінок, наданих i -м експертом.

Якщо всі m рангів оцінок, наданих i -м експертом, різні, то $T_i = 0$;
якщо серед рангів оцінок трапляються однакові, тоді:

$$T_i = \sum_{l=1}^{L_i} (n_{li}^3 - n_{li}),$$

де L_i – кількість груп однакових рангів;

n_{li} – кількість об'єктів, які утворюють l -у групу однакових рангів.

Статистична значущість (довірча ймовірність) коефіцієнта конкордації W перевіряється за критерієм Пірсона χ^2 з $(n - 1)$ ступенями свободи. Формула розрахункового критерію Пірсона у загальному вигляді:

$$\chi_{\text{розрах}}^2 = W * m * (n - 1),$$

у адаптованому вигляді:

$$\chi_{\text{розрах}}^2 = \frac{12S}{[mn*(n+1) - \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^m T_i^2]}.$$

Розраховане значення співставляється з табличним значенням для $n-1$ ступенів свободи та довірчої ймовірності ($P = 0,95$ або $P = 0,99$). Якщо $\chi_{\text{розрах}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2$, то коефіцієнт конкордації значущий, якщо навпаки, то необхідно збільшити кількість експертів.

Для поглибленого дослідження узгодженості у групі експертів може застосовуватися розрахунок узгодженості у окремих парах експертів, яким можна порівняти узгодженість пар експертів у будь-яких комбінаціях. Парне порівняння дає змогу визначити групи експертів, усередині яких узгодженість поглядів велика, тоді як між групами існує неузгодженість.

Ступінь збігу думок двох експертів визначається за допомогою коефіцієнта парної рангової кореляції між оцінками двох будь-яких експертів α і β та коефіцієнта інформаційної міри збігу думок.

Коефіцієнт парної рангової кореляції (модифікований коефіцієнт Спірмана) між оцінками двох будь-яких експертів α і β визначають за формулою:

$$\rho_{\alpha\beta} = \frac{\sum_{j=1}^n \varphi_j^2}{\frac{1}{6}(n^3 - n) - \frac{1}{12}(T_{\alpha} - T_{\beta})},$$

де φ_j – різниця (за модулем) величин рангів оцінок j -го фактору, наданою експертами α і β ,

$$\varphi_j = |R_{j\alpha} - R_{j\beta}|;$$

T_{α}, T_{β} – показники однакових рангів оцінок експертів α і β .

Коефіцієнт парної рангової кореляції може набувати значення $-1 \leq \rho \leq +1$. Значення $\rho = +1$ відповідає цілковитій узгодженості поглядів двох експертів. Значення $\rho = -1$ показує, що думка одного експерта є протилежною погляду іншого.

Інформаційна міра збігу думок обчислюється за формулою:

$$E_{\alpha\beta} = \frac{2n_{\alpha\beta}}{n_{\alpha} \log_2\left(1 + \frac{n_{\beta}}{n_{\alpha}}\right) + n_{\beta} \log_2\left(1 + \frac{n_{\alpha}}{n_{\beta}}\right)},$$

де $E_{\alpha\beta}$ – міра збігу думок експертів α і β ;

$n_{\alpha\beta}$ – кількість факторів, однаково оцінених експертами α і β (по ранговим балам);

n_{α}, n_{β} – кількість факторів, оцінених відповідно експертом α та експертом β (якщо фактор оцінено в 0 балів, то в кількість оцінених він не включається).

У випадках, коли експерти надають рангову оцінку двом залежним рядам даних (Y, X), то для встановлення зв'язку між окремими рангами величин Y та X можуть застосовуватися парні коефіцієнти рангової кореляції. Також такі коефіцієнти можуть застосовуватися для оцінки узгодженості думок двох експертів.

Парний коефіцієнт рангової кореляції Кендалла:

$$\tau = 1 - \frac{2S}{n(n-1)},$$

де $S = P - Q$,

P – кількість співпадінь рангів,

Q – кількість неспівпадінь рангів.

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмана:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)}$$

Значення наведених коефіцієнтів змінюється від -1 (послідовності рангів повністю протилежні) до +1 (послідовності рангів повністю збігаються). Нульове значення свідчить, що ознаки незалежні.

Аналіз результатів опитування експертів.

Завершальним етапом експертної оцінки є аналіз результатів опитування, який має інформаційне та рекомендаційне значення для управлінського прийняття рішень. Аналізу підлягають не тільки статистичні оцінки, але й усі етапи проведення експертизи, такі як визначення цілей, підбір експертів, складання опитувальних анкет та організація опитування. Усі ці етапи мають бути детально проаналізовані, щоб виявити негативні моменти і уникнути їх у майбутньому. Статистичні характеристики, отримані з обробки опитувальних анкет, є лише вихідним матеріалом, який потребує розумілого та професійного осмислення, оцінки та тлумачення. Від цього осмислення залежить успіх та практична цінність всієї експертизи.

Методика аналізу результатів опитування експертів залежить від типу експертизи (індивідуальної або колективної) і напрямку експертизи. Напрямок експертизи може охоплювати визначення часу відбуття певної події, оцінку майбутніх значень параметрів об'єктів (процесів, явищ), визначення важливості факторів (напрямок) або оцінку відносної значущості різних видів рішень та інше.

Оскільки індивідуальні експертні оцінки мають свої обмеження, їх результати повинні порівнюватися з існуючими поглядами на вивчену проблему та результатами прогнозних оцінок інших спеціалістів.

Після завершення експертизи необхідно провести якісну оцінку кожного члена експертної групи на основі отриманих результатів. При цьому важливо враховувати не лише репутацію та популярність окремих спеціалістів, але й їхній ставлення до справи: точність, добросовісність, уважність, творчий підхід, переконаність у власній правоті, яка може бути аргументована.

Проте важливо дотримуватися важливого правила: жоден експерт не повинен бути виключений з експертної групи лише за формальними причинами, наприклад, за відсутністю узгодженості думок, без ретельного аналізу суті питання. Історія науки та техніки наводить численні приклади, коли на перший погляд парадоксальні ідеї та висновки мали в собі нові фундаментальні відкриття.

Багато експертів є видатними спеціалістами власної області і не обов'язково мають глибокі знання в інших галузях. Тому їхні висновки слід розглядати в контексті загального розвитку економіки підприємства (регіону, країни). Іншими словами, висновки експертів повинні бути поєднані з зовнішніми факторами, що впливають на майбутнє прогнозованого об'єкта. У зв'язку з цим, висновки експертів повинні бути ретельно перевірені, осмислені та творчо використані.

4.4. Корисні Інтернет-ресурси

Наведений нижче перелік Інтернет-ресурсів містить посилання на дослідження на основі застосування експертних методів досліджень, у тому числі для прогнозування.

Ресурси можуть бути корисними як приклади роботи з експертами, так і джерелами щодо можливих методологій проведення власних досліджень та організації експертних опитувань.

Щоб відбувся перехід за посиланням необхідно: затиснути CTRL, навести вказівник на рисунок та натиснути клавішу підтвердження (Enter або основну кнопку миші). Для переходу за необхідним посиланням на іншому пристрої необхідно сканувати QR-код.

<p>Інститут демографії та соціальних досліджень імені М.В. Птухи</p>		
<p>Дослідницька агенція Fama</p>		
<p>Український центр економічних та політичних досліджень ім. О. Разумкова</p>		
<p>НДЦ "Інститут сімейної та молодіжної політики імені Олександра Яременка"</p>		
<p>Centre for Sustainable Peace and Democratic Development</p>		



Приклади

Завдання 1. Взаємооцінка експерта.

На підставі результатів взаємооцінки 9 кандидатів у експерти, провести розрахунки компетентності.

Матриця з коефіцієнтами компетентності першого порядку.

Номер експерта, що оцінює (i)	Номер експерта, якого оцінюють (j)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
2	0	1	0	0	1	0	1	0	1
3	1	1	1	0	0	1	1	0	0
4	1	0	0	1	0	1	1	0	1
5	0	1	0	1	0	1	1	1	1
6	1	1	0	0	1	1	0	0	0
7	1	0	0	1	0	0	0	0	1
8	1	1	1	0	0	1	1	1	0
9	0	1	1	0	0	1	1	1	0
$\sum_{i=1}^n X_{i1}$	6	7	3	4	2	7	6	4	4
K_j^1	0,667	0,778	0,333	0,444	0,222	0,778	0,667	0,444	0,444

Матриця з коефіцієнтами компетентності другого порядку.

Номер експерта, що оцінює (i)	Номер експерта, якого оцінюють (j)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,667	0,667	0	0,667	0	0,667	0	0,667	0
2	0	0,778	0	0	0,778	0	0,778	0	0,778
3	0,333	0,333	0,333	0	0	0,333	0,333	0	0
4	0,444	0	0	0,444	0	0,444	0,444	0	0,444
5	0	0,222	0	0,222	0	0,222	0,222	0,222	0,222
6	0,778	0,778	0	0	0,778	0,778	0	0	0
7	0,667	0	0	0,667	0	0	0	0	0,667
8	0,444	0,444	0,444	0	0	0,444	0,444	0,444	0
9	0	0,444	0,444	0	0	0,444	0,444	0,444	0
$\sum_{i=1}^n X_{i1}$	3,333	3,667	1,222	2	1,556	3,333	2,667	1,778	2,111
K_j^2	0,37	0,407	0,136	0,222	0,173	0,37	0,296	0,198	0,235

Матриця з коефіцієнтами компетентності третього порядку.

Номер експерта, що оцінює (i)	Номер експерта, якого оцінюють (j)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,37	0,37	0	0,37	0	0,37	0	0,37	0
2	0	0,407	0	0	0,407	0	0,407	0	0,407
3	0,136	0,136	0,136	0	0	0,136	0,136	0	0
4	0,222	0	0	0,222	0	0,222	0,222	0	0,222
5	0	0,173	0	0,173	0	0,173	0,173	0,173	0,173
6	0,37	0,37	0	0	0,37	0,37	0	0	0
7	0,296	0	0	0,296	0	0	0	0	0,296
8	0,198	0,198	0,198	0	0	0,198	0,198	0,198	0
9	0	0,235	0,235	0	0	0,235	0,235	0,235	0
$\sum_{i=1}^n X_{i1}$	1,593	1,889	0,568	1,062	0,778	1,704	1,37	0,975	1,099
K_j^3	0,177	0,21	0,063	0,118	0,086	0,189	0,152	0,108	0,122

Ранжування експертів за показником коефіцієнту компетентності третього порядку.

j - експерт	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K_j^3	0,177	0,21	0,063	0,118	0,086	0,189	0,152	0,108	0,122
Ранг	3	1	9	6	8	2	4	7	5

Впорядкування експертів за зростанням рангів компетентності.

j - експерт	2	6	1	7	9	4	8	5	3
K_j^3	0,21	0,189	0,177	0,152	0,122	0,118	0,108	0,086	0,063
Ранг	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Рекомендовано оцінки 3,5 та 8 експертів виключити з загального оцінювання.

Завдання 2. Застосування метода парних порівнянь.

Перший експерт провів процедуру парних порівнянь дев'яти, запропонованих до оцінювання, факторів.

Фактори	a	b	c	d	e	f	g	h	k
a		1	1	0	1	1	0	0	0
b	0		1	1	1	0	0	1	1
c	0	0		0	1	1	1	0	0
d	1	0	1		0	0	0	0	0
e	0	0	0	1		1	0	1	0
f	0	1	0	1	0		1	1	1
g	1	1	0	1	1	0		0	0
h	1	0	1	1	0	0	1		1
k	1	0	1	1	1	0	1	0	

Розрахуємо стандартизовані ранги оцінюваних факторів та допоміжні показники.

Фактори	a	b	c	d	e	f	g	h	k
a		1	1	0	1	1	0	0	0
b	0		1	1	1	0	0	1	1
c	0	0		0	1	1	1	0	0
d	1	0	1		0	0	0	0	0
e	0	0	0	1		1	0	1	0
f	0	1	0	1	0		1	1	1
g	1	1	0	1	1	0		0	0
h	1	0	1	1	0	0	1		1
k	1	0	1	1	1	0	1	0	
Сума оцінок j -го фактору, $S_j = \sum_{j=1}^n X_j$	4	3	5	6	5	3	4	3	3
Нормована сума оцінок j -го фактору	0,11	0,08	0,14	0,17	0,14	0,08	0,11	0,08	0,08
Ранг	4	6	2	1	2	6	4	6	6
Стандартизований ранг	4,5	7,5	2,5	1	2,5	7,5	4,5	7,5	7,5

Завдання 3. Оцінка ступеня узгодження думок експертів.

Отримані оцінки 9 експертів щодо 9 оцінюваних факторів у вигляді стандартизованих рангів.

Фактори (j)	Номер експерта, що оцінює (i)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	4,5	4	6,5	5	1	5	6	7	6
b	7,5	9	3,5	7	2	8	5	8	5
c	2,5	1	1	3	7	3	2	2	2
d	1	2	5	1	6	1	1	4	1
e	2,5	3	9	2	5	4	3	3	3
f	7,5	6	2	4	4	2	4	1	4
g	4,5	7	3,5	6	3	6	7	9	7
h	7,5	8	8	9	8	7	8	5	8
k	7,5	5	6,5	8	9	9	9	6	9

Розрахуємо коефіцієнт конкордації W та допоміжні показники.

Фактори (j)	Номер експерта, що оцінює (i)									S_j	S_j^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
a	4,5	4	6,5	5	1	5	6	7	6	45	2025
b	7,5	9	3,5	7	2	8	5	8	5	55	3025
c	2,5	1	1	3	7	3	2	2	2	23,5	552,25
d	1	2	5	1	6	1	1	4	1	22	484
e	2,5	3	9	2	5	4	3	3	3	34,5	1190,25
f	7,5	6	2	4	4	2	4	1	4	34,5	1190,25
g	4,5	7	3,5	6	3	6	7	9	7	53	2809
h	7,5	8	8	9	8	7	8	5	8	68,5	4692,25
k	7,5	5	6,5	8	9	9	9	6	9	69	4761
Сума										405	20729
Показник пов'язаних рангів T_i	36	0	12	0	0	0	0	0	0		

$$d_{ij}^2 = \sum_{i=1}^n S_j^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n S_j)^2}{n} = 20729 - \frac{405^2}{9} = 2504$$

$$W = \frac{12d_{ij}^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} = \frac{12 * 2504}{9^2(9^3 - 9) - 9 * 48} = 0,519$$

$$\chi_{\text{розрах}}^2 = W * m * (n - 1) = 0,519 * 9 * (9 - 1) = 37,37$$

$$\chi_{\text{табл}}^2 (P = 0,95) = 15,507$$

$$\chi_{\text{табл}}^2 (P = 0,99) = 20,09$$

Отже, коефіцієнт конкордації W визнається статистично значущим (виконується умова $\chi_{\text{розрах}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2$ для обох рівні ймовірності), але він є меншим за 0,75, що не дозволяє міру узгодженості думок експертів вважати достатньою.

Проведемо розрахунок ще раз, за умови виключення 3,5 та 8 експертів, як було рекомендовано у попередніх висновках ($m = 6$).

Фактори (j)	Номер експерта, що оцінює (i)									S_j	S_j^2	\bar{S}_j
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
a	4,5	4		5		5	6		6	30,5	930,25	5,08
b	7,5	9		7		8	5		5	41,5	1722,25	6,92
c	2,5	1		3		3	2		2	13,5	182,25	2,25
d	1	2		1		1	1		1	7	49	1,17
e	2,5	3		2		4	3		3	17,5	306,25	2,92
f	7,5	6		4		2	4		4	27,5	756,25	4,58
g	4,5	7		6		6	7		7	37,5	1406,25	6,25
h	7,5	8		9		7	8		8	47,5	2256,25	7,92
k	7,5	5		8		9	9		9	47,5	2256,25	7,92
Сума										270	9865	
Показник пов'язаних рангів T_i	36	0		0		0	0		0			

$$d_{ij}^2 = \sum_{i=1}^n S_j^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n S_j)^2}{n} = 9865 - \frac{270^2}{9} = 1765$$

$$W = \frac{12d_{ij}^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} = \frac{12 * 1765}{6^2(9^3 - 9) - 6 * 36} = 0,824$$

$$\chi_{\text{розрах}}^2 = W * m * (n - 1) = 0,824 * 6 * (9 - 1) = 39,55$$

$$\chi_{\text{табл}}^2 (P = 0,95) = 11,07$$

$$\chi_{\text{табл}}^2 (P = 0,99) = 15,086$$

Отже, у випадку виключення експертів з недостатнім рівнем компетентності, коефіцієнт конкордації W визнається статистично значущим (виконується умова $\chi_{\text{розрах}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2$ для обох рівнів ймовірності), він є більшим за 0,75, що дозволяє міру узгодженості думок експертів вважати достатньою і їхні оцінки використовувати у подальшому оцінюванні.

Розрахуємо усереднену оцінку 6 експертів та здійсимо ранжування досліджуваних факторів за результатами усередненої оцінки. Показник середнього рангу \bar{S}_j за j -фактором пораховано у попередній таблиці. Відсортуюмо фактори за показником \bar{S}_j у порядку зростання.

Фактори (j)	\bar{S}_j	Ранги R_{ij}	Стандартизовані ранги
d	1,17	1	1
c	2,25	2	2
e	2,92	3	3
f	4,58	4	4
a	5,08	5	5
g	6,25	6	6
b	6,92	7	7
h	7,92	8	8,5
k	7,92	8	8,5

Отже, у результаті розрахунків, отримано стандартизовані ранги дев'яти досліджуваних факторів відповідно до їхньої взаємної значущості.



Питання для самоконтролю

1. У чому полягає суть так званих евристичних методів прогнозування?
2. У яких випадках виникає потреба застосування прогнозування інтуїтивними (експертними) методами?
3. Опишіть загальну методіку проведення прогнозування методом інтерв'ю.
4. На яких принципах ґрунтуються методи прогнозування з застосуванням колективних експертних оцінок?
5. За допомогою якого показника оцінюється погодженість думок групи експертів.
6. Чим відрізняється від звичайного експертного прогнозування так звана "мозкова атака"?
7. Яку роботу вміщує в себе підготовка експертної оцінки?
8. Як визначають якісний та кількісний склад групи експертів?
9. Які існують методи обробки результатів експертної оцінки?

10. Що таке матриці рангів і переваг факторів і як вони будуються?
11. Які показники порівняльної важливості факторів розраховуються при застосуванні методу експертних оцінок?
12. Як оцінюється ступінь узгодженості думок експертів?
13. Як розраховується коефіцієнт узгодженості думок експертів?
14. Як будується матриця коефіцієнтів парної рангової кореляції думок експертів?
15. Як розраховуються показники інформаційної міри збігу думок експертів?
16. Як розраховується показник частоти максимально можливих оцінок?
17. Як розраховується середня вага кожного фактору?
18. Як розраховується активність експертів по кожному напрямку?
19. Які показники розраховуються для оцінки узагальненої міри узгодженості думок експертів?
20. Який зміст та як розраховується коефіцієнт конкордації?
21. Для чого застосовується і як розраховується коефіцієнт Пірсона?
22. Як встановлюється, в якій мірі кожний експерт впливає на узагальнену узгодженість групи?



Практичні завдання

Завдання 1.

На підставі результатів взаємооцінки 10 кандидатів у експерти, провести розрахунки компетентності експертів та ранжувати їх за рівнем компетентності.

Номер експерта, що оцінює (i)	Номер експерта, якого оцінюють (j)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
3	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
4	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1
5	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
6	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1
7	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
8	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
9	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
10	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1

Завдання 2.

На підставі даних додатку 2 розрахувати стандартизовані ранги, надані усіма експертами усім факторам. Сформулювати загальну оцінку кожного фактору, ранжувати її та за необхідністю розрахувати стандартизовані ранги загальної оцінки факторів.

Завдання 3.

На підставі даних додатку 2 розрахувати ступінь узгодженості думок експертів шляхом розрахунку коефіцієнту конкордації, перевірити коефіцієнт конкордації на статистичну значущість. Розрахувати коефіцієнти парної рангової кореляції експертів, що розташовані поруч один з одним у списку (1 та 2, 3 та 4, 5 та 6, 7 та 8, 9 та 10). Зробити висновки, виключити "зайвих" експертів, розрахувати коефіцієнт конкордації повторно.

Завдання 4. Ситуація для обговорення.

Опис. Місцева медична організація планує провести дослідження щодо найефективніших методів лікування певного невідкладного захворювання. У місті проживає чимало відомих лікарів-експертів, які мають багаторічний досвід у цій області. Організація повинна обрати лише трьох експертів для участі в опитуванні, щоб отримати якісні та релевантні результати.

Проблеми вибору експертів:

1. Множина варіантів. Медична організація має великий вибір висококваліфікованих лікарів, які бажають долучитися до дослідження. Обираючи лише декілька з них, виникає питання, які саме критерії мають враховуватися та які з експертів найкраще відповідають меті дослідження.

2. Баланс компетенцій. Організація повинна збалансувати різноманітність компетенцій серед вибраних експертів. Вони можуть мати різний підхід до лікування та свої унікальні погляди на проблему. Важливо обрати таких експертів, що представляють різні аспекти лікування.

3. Об'єктивність. Вибір повинен бути об'єктивним та неупередженим. Може виникнути питання про можливу впливовість афіліацій, особистих зв'язків чи конфліктів інтересів на вибір конкретних експертів.

4. Подібний досвід. Важливо врахувати, які експерти мають конкретний досвід у вивченій області та попередніх дослідженнях. Їхня експертиза повинна бути релевантною для цього конкретного дослідження.

5. Публічна довіра. Вибір експертів може також залежати від їхньої репутації в громадськості та рівня довіри, який вони мають серед пацієнтів та медичного співтовариства.

Уникнення конфліктів з експертами, яких не було обрано, є важливим завданням, оскільки це може допомогти зберегти добрі стосунки та зберегти довіру всередині спільноти. Організатор експертного дослідження надав технічним фахівцям кілька порад, які можуть бути корисними, щоб уникнути конфліктів:

1. Поясніть обрану стратегію вибору експертів та її об'єктивні критерії. Підкресліть, що вибір був здійснений на основі певних об'єктивних критеріїв та вимог дослідження, і не відображає особисті або суб'єктивні оцінки.

2. Запропонуйте можливість зустрічі з експертами, яких не обрали, для обговорення причин їх невибору. Підкресліть, що ви цінуєте їхні знання та внесок, але обрано інших експертів, щоб забезпечити різноманітність дослідження.

3. Запропонуйте можливість співпраці з ними в інших проектах або дослідженнях, якщо це можливо. Підкресліть, що це рішення не впливає на вашу готовність співпрацювати в майбутньому.

4. Висловіть щиру вдячність за їхній інтерес і бажання прийняти участь у дослідженні. Підкресліть, що ви цінуєте їхню експертизу, і це було складне рішення.

5. Запропонуйте можливість консультацій або обговорення їхніх поглядів на дослідження, навіть якщо вони не були обрані для участі в опитуванні. Їхні вказівки та рекомендації можуть бути корисними під час виконання дослідження.

Але один з експертів, якого не обрали, провокує відкритий конфлікт і погрожує докласти максимум зусиль для дискредитації результатів експертного опитування.

Завдання.

Якої ключової помилки припустився організатор експертного дослідження? Якщо конфлікту не вдається уникнути за допомогою інструментів конфліктології, що потрібно змінити у процедурі самооцінки та взаємооцінки експертів, щоб унеможливити появу підстав конфлікту?



Джерела











Допоміжні джерела до матеріалу теми 4:

1. Галушак М.П., Галушак О.Я., Кужда Т.І. Прогнозування соціально-економічних процесів : Навч. посіб. для економічних спеціальностей. Тернопіль : ФОП Паляниця, 2021. 160 с. С. 25-55. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/3676>).
2. Геєць В.М. та ін. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування. Харків: ВД "ІНЖЕК", 2008. 396 с. ISBN 978-966-392-223-2.
3. Грабовецький Б.Є. Економічне прогнозування і планування : Навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 188 с. ISBN 966-8253-54-X.
4. Клебанова Т.С., Іванов В.В., Дубровіна Н.О. Методи прогнозування. Харків : ХНУ ім. В. Каразіна, 2002. 372 с.
5. Кулявець В.О. Прогнозування соціально-економічних процесів. Київ : Кондор, 2009. 194 с. ISBN 978-966-351-221-1.
6. Мельникова В.І. та ін. Макроекономічне прогнозування та його принципи. Національна економіка. Київ : Центр учбової літератури, 2012. 248 с.
7. Планування та прогнозування в умовах ринку : Навч. посіб. / під ред. д.ф.н., проф. В.Г. Воронкової. Київ : ВД "Професіонал", 2006. 608 с. ISBN 966-370-019-X.
8. Холден К., Піл Д., Томпсон Дж. Економічне прогнозування. Вступ. Київ : Інформтехніка, 1996. 216 с.

Допоміжні іншомовні джерела щодо теорії і практики застосування експертних методів:

9. Elliott G., Granger C., Timmermann A. Handbook of Economic Forecasting. North Holland, 2006. 1070 p. ISBN 978-044-451-39-53.
10. Box George E.P., Jenkins Gwilym M., Reinsel Gregory C., Ljung Greta M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Hoboken. New Jersey. Published by John Wiley and Sons Inc, 2015. 712 p. ISBN 978-1-118-67502-1. <http://dx.doi.org/10.1111/jtsa.12194>.
11. Michael P. Clements, David F. Hendry The Oxford Handbook of Economic Forecasting. Oxford University Press, 2011. 624 p. ISBN 978-019-539-86-49.

Безкоштовні онлайн-курси для набуття навичок застосування експертних методів:

	Questionnaire Design for Social Surveys	
	Methods and Statistics in Social Sciences	
	Studying Cities: Social Science Methods for Urban Research	
	Data Collection: Online, Telephone and Face-to-face	
	Survey Data Collection and Analytics Project	

Тема 5. ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРОГНОЗІВ



Ключові слова

Статистичні методи оцінки якості прогнозів, оцінка точності прогнозів за допомогою середньої абсолютної різниці відхилень, оцінка точності прогнозів за допомогою коефіцієнта кореляції, інтерпретація результатів оцінки якості та шляхи підвищення якості. Поняття оптимального прогнозу. Оцінювання адекватності прогнозованої моделі. Критерії визначення якісного прогнозу.



Поняття та його визначення

Якість прогнозу – це сукупність таких характеристик прогнозу, що у комплексі дозволяють зробити його ефективним, корисним в управлінні, забезпечують одержання достовірного опису об'єкта на визначену перспективу і можливість достовірного використання прогнозних результатів для процедури прийняття рішення.



Основні теоретичні положення

5.1. Загальна термінологія оцінки якості прогнозів

Якість прогнозу – це сукупність таких характеристик прогнозу, що у комплексі дозволяють зробити його ефективним, корисним в управлінні, забезпечують одержання достовірного опису об'єкта на визначену перспективу і можливість достовірного використання прогнозних результатів для процедури прийняття рішення.

Загальні фактори, що впливають на якість прогнозів:

1. *Характеристики вихідної інформації, що використовується для складання прогнозів:*

а) *доступність і точність ретроспективних даних.* Прогноз не може бути більш точним, ніж дані, на яких він побудований;

б) *обсяг вибірки, тобто кількість спостережень за минулим досліджуваного процесу* (як довго велося спостереження). Чим більша кількість спостережень, тим точніший прогноз. Згідно статистичного закону великих чисел, розмір помилок прогнозування зменшується по мірі збільшення кількості спостережень, тим самим збільшуючи точність прогнозу, і навпаки;

в) *однорідність даних.* Чим більше однорідними є дані (при інших рівних умовах), тим точніший прогноз, і навпаки. Так наприклад, дані, зібрані для одного регіону, можуть дозволити передбачити сезонність більш точно, ніж дані, зібрані з різних регіонів з різними погодними умовами;

2. *Вибір методу прогнозування.* Не існує якого-небудь одного методу прогнозування, що завжди був би кращим за інші. Прогнозування є настільки ж мистецтвом, наскільки і наукою. В першу чергу при виборі методу слід враховувати тісну взаємодію між методом і наявною інформацією, оскільки для інформації, що має певну специфіку, варто використовувати саме той метод, що враховує дану специфіку.

3. *Тривалість прогнозованого періоду (горизонт прогнозу).* Звичайно, при збільшенні горизонту точність прогнозів зменшується, а сама процедура їх оцінки ускладнюється.

4. Час, що є в наявності для проведення аналізу. Інколи час може виявитися головним лімітуючим чинником, оскільки саме від швидкості прийняття рішення буде залежати результат (особливо для оперативних та короткострокових прогнозів).

5. *Вартість проведення аналізу і підготовки прогнозів.* Вибір оптимального методу повинен здійснюватись на основі порівняння витрат і переваг кожного методу. Звичайно, існує певний зв'язок: точність прогнозу сприяє зниженню втрат, пов'язаних з неточним прогнозом, а для того, щоб підготувати прогноз з високим ступенем точності, потрібна велика кількість ресурсів, у тому числі і часу. Тому загальна рекомендація наступна: точність прогнозу слід підвищувати до тих пір, коли максимальні збитки від неточності прогнозу зрівняються з витратами на підготовку точного прогнозу.

6. *Стабільність середовища, в якому розвивається досліджуване явище чи об'єкт.* Одержання точних прогнозних результатів для зовнішніх умов, що змінюються, при дії перемінних факторів значно ускладнюється, але наявність таких прогнозів підвищує ефективність керування складними системами.

7. *Конкуренція.* Для економічних прогнозів при інших рівних умовах, чим сильнішою є конкуренція на ринку, тим вище рівень невизначеності, і тим складніше отримувати достовірні прогнози.

8. *Суб'єктивні чинники.* Особисті якості прогнозиста завжди впливають на процес прогнозування. Звичайно, цей вплив є більш характерним при використанні інтуїтивних процедур, проте і для кількісних методів він може проявлятися істотно.

Для оцінки якості прогнозу прийнято використовувати такі характеристики, як надійність, точність, достовірність, помилки прогнозу.

Під *надійністю* прогнозних розрахунків розуміється міра невизначеності поведінки об'єкта прогнозування у часі.

Достовірність прогнозу визначається ймовірністю здійснення прогнозу для заданого варіанта чи довірного інтервалу.

Точність прогнозу характеризує інтервальний розкид прогнозних траєкторій за фіксованого рівня достовірності.

Помилки прогнозу є мірою відхилення прогнозних оцінок від реальних значень стану прогнозованого об'єкта.



Оцінка якості прогнозу концептуально є апіорна та апостеріорна.

Апостеріорі – на основі накопиченого досвіду.

Апіорі – незалежно від попереднього досвіду.

Надати опис таким характеристикам як надійність, точність, достовірність, обчислити помилки прогнозу апіорі неможливо, оскільки прогнозні результати нема з чим порівнювати. Тому апіорна якість прогнозу опосередковано визначається на основі дослідження якості вихідної інформації для прогнозування, оцінки моделі прогнозу та оцінки методу прогнозування.

Оцінка якості прогнозу – одна з центральних проблем у процесі розробки управлінських рішень. Ступінь довіри до розробленого прогнозу багато в чому впливає на прийняте рішення і позначається на ефективності управлінських рішень, які приймаються з використанням розробленого прогнозу.

Однак, оцінка якості прогнозу є досить складним завданням не тільки в момент, коли прогноз тільки розроблений (апіорна оцінка), а й у момент, коли прогнозована подія вже сталася (апостеріорна оцінка). Якісний прогноз при прийнятті рішення може бути використаний по-різному. Якщо з боку учасників процесу, що прогнозується, не виявляється значний вплив на хід розвитку подій, а лише здійснюється спостереження за ним, то після закінчення прогнозованого періоду необхідно лише зіставити значення спрогнозованих показників та параметрів із отриманими фактично. Це дозволяє оцінити якість розробленого прогнозу апостеріорно.

У той самий час більш дієвим може стати використання результатів розробленого прогнозу у разі, коли учасники можуть вплинути на перебіг розвитку подій. Прикладом такого впливу може бути, зокрема, коригування впливів керуючих на підставі очікуваних спрогнозованих значень показників і параметрів. Це так званий активний прогноз. Однак якщо в результаті аналізу спрогнозованих значень показників та

параметрів учасники процесу змінили керуючі впливи, які, у свою чергу, змінили розвиток прогнозованих подій, причому нерідко у бік більш сприятливий для цих учасників, то навряд чи коректно спочатку розроблений прогноз вважати неточним. Якби прогноз не був розроблений, то не було б прийнято і ефективне управлінське рішення, що слідувало за його розробкою. Після того, як прогноз розроблено, повинні бути визначені критерії, за якими може бути оцінена точність прогнозу.

Як правило, для оцінки прогнозу використовуються два підходи: диференціальний чи інтегральний.

При диференціальному підході оцінюються набори оцінок окремих складових якості прогнозу, що мають досить чіткий об'єктивний зміст.

Зокрема, можуть використовуватися такі критерії, як ясність та чіткість завдання на прогноз, відповідність прогнозу завдання, своєчасність розробки прогнозу, професійний рівень розробки прогнозу, надійність використаної інформації тощо.

Інтегральний підхід передбачає узагальнену оцінку якості прогнозу з урахуванням оцінки якості прогнозу за частковими критеріями. Однак у ряді випадків цей спосіб виявляється недостатньо переконливим, оскільки до оцінки якості прогнозу за частковими критеріями часто додається необхідність оцінки порівняльної важливості критеріїв та їхнього впливу на інтегральну оцінку.

Невід'ємною частиною сучасної технології прогнозування є моніторинг ходу реалізації прогнозованого розвитку подій, що періодично здійснюється (залежно від змін, що відбуваються).

Моніторинг дозволяє своєчасно виявляти значні відхилення під час розвитку подій. Якщо вони можуть вплинути на подальший перебіг подій у частині, що стосується прийняття важливих стратегічних рішень, то прогноз має коригуватися. Корективи можуть бути різного рівня значущості, складності, трудомісткості тощо.

Структура прогнозу обумовлена термінами, на які він розрахований, а також основними напрямками науково-технічного розвитку, які насамперед залежать від "терміну життя" тенденцій, що склалися в період, що передує їхній розробці. Чим стійкіший характер носять ці тенденції, тим ширший можливий горизонт прогнозування. Різні відтворювальні процеси мають різні швидкості перебігу, різні часові цикли тощо.

Розроблену модель прогнозу необхідно регулярно контролювати, щоб визначити, наскільки вона відтвориться у майбутньому. Верифікація – процедура оцінки вірогідності прогнозу. Верифікація прогнозів чи прогнозних моделей може бути практично здійснена такими методами:

1. Пряма верифікація – отримання значення того самого прогнозу, але тільки іншим методом прогнозування.

2. Непряма верифікація – підтвердження прогнозу посиланням на наведений у літературі прогноз того самого об'єкта.

3. Консеквентна верифікація – отримання значення прогнозу, що верифікується, шляхом логічного (або математичного) виведення наслідків з уже відомих прогнозів.

4. Дублююча верифікація – отримання значення прогнозу, що верифікується, з іншого прогнозу, котрий став відповіддю те саме питання, але сформульоване у іншому варіанті.

5. Інверсна верифікація проводиться в тому випадку, коли є сукупність прогнозів об'єкта за роками, починаючи з теперішнього часу до деякого часового горизонту в майбутньому. Наприклад, можна використовувати інверсну екстраполяцію. Зіставляючи значення прогнозів, отримані інверсною екстраполяцією з фактичними значеннями об'єкта у роки ретроспекції, можна дійти висновку про достовірність отриманих прогнозів.

6. Верифікація мінімізацією систематичних помилок – цей метод полягає у перевірці врахування джерел систематичних помилок у процесі розробки прогнозів. Для реалізації цього методу потрібно мати класифікацію джерел помилок.

7. Розрахунок трекінгового сигналу. Трекінговий сигнал – це інструмент, який показує, як оновлюються прогнози щотижня, щомісяця, щоквартально тощо. Нові доступні дані порівнюються із прогнозними значеннями.

8. Метод контрольного графіка – зводиться до спостереження за індивідуальними помилками прогнозу. Для цього встановлюють інтервал додаткових значень помилок прогнозу: $\pm 2S$ або $\pm 3S$, де S – стандартне відхилення. Вважається, що прогноз під контролем, якщо 95% помилок знаходиться в інтервалі $\pm 2S$ або 99% $\pm 3S$.

5.2. Оцінювання адекватності прогнозної моделі

Незалежно від того, яка економіко-математична модель будується і який метод застосовується для аналізу та прогнозу економічного явища, можливість її використання визначається лише після перевірки адекватності моделі. Оскільки повна відповідність моделі реальному процесу або об'єкту неможлива, поняття адекватності є в певному сенсі умовним. При моделюванні важливо розуміти адекватність не загалом, а відносно тих властивостей моделі, які є суттєвими для конкретного дослідження.

Модель згладжування \hat{y}_t певного часового ряду y_t вважається адекватною, якщо правильно відображає систематичні компоненти часового ряду. Ця вимога еквівалентна вимозі, щоб залишкова компонента $e_t = y_t - \hat{y}_t$ ($t = 1, 2, \dots, n$) відповідала таким властивостям випадкової компоненти часового ряду як: випадковість коливань рівнів залишкової послідовності, відповідність розподілу випадкової компоненти нормальному закону, рівність математичного сподівання випадкової компоненти нулю, незалежність значень рівнів випадкової компоненти. Висновок щодо адекватності трендової моделі можна зробити, якщо всі перевірки властивостей залишкової послідовності, які були описані вище, дають позитивний результат.

Методи, за якими здійснюється перевірка цих властивостей залишкової послідовності, наведені у темі 2 посібника, присвяченій часовим рядам.

Для адекватних моделей розумно розглядати питання, що стосуються оцінювання їх точності. Вважається, що моделі з меншою розбіжністю між фактичними Y_t й розрахунковими значеннями \hat{Y}_t краще відображають досліджуваний процес у майбутньому. Для характеристики рівня близькості використовують такі описові статистики:

середнє квадратичне відхилення (або дисперсія) випадкових залишків:

$$\hat{\sigma}_\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-k-1}},$$

середню відносну похибку апроксимації (чим ближче до 0, тим точніша модель):

$$\bar{\varepsilon}_{\text{відн}} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{y_t} \right| \cdot 100\%,$$

коефіцієнт сходження:

$$\varphi^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y}_t)^2},$$

коефіцієнт детермінації (чим ближче до 1, тим точніша модель):

$$R^2 = 1 - \varphi^2,$$

де: n – кількість рівнів ряду, k – кількість пояснювальних змінних у моделі, \hat{y}_t – оцінки рівнів ряду за моделлю, \bar{y} – середнє арифметичне значення вибірки.

На основі аналізу показників можна вибрати найточнішу модель з кількох адекватних варіантів. Помилка прогнозу для певного періоду, в якому вже використовувалися дані для оцінки параметрів моделі, зазвичай буде незначною і мало залежатиме від теоретичного обґрунтування, що було використане для побудови моделі.

Формально-статистичний вибір найкращої моделі не завжди гарантує повну впевненість у його правильності, оскільки добрий прогноз можна отримати як на основі поганої моделі, так і навпаки. Тому якість застосовуваних методик і моделей у прогнозуванні можна оцінювати лише на основі порівняння прогнозів з їх фактичними значеннями. Незалежно від вибраної методики та моделі прогнозування можуть бути джерелами помилок прогнозу:

Природа змінних: випадковий характер змінних гарантує, що прогноз буде відрізнятися від справжніх значень, навіть якщо модель правильно специфікована і має точні параметри.

Природа моделі: сам процес оцінювання призводить до похибок у визначенні параметрів моделі.

Помилки, пов'язані з прогнозом незалежних випадкових змінних (пояснювальних змінних).

Помилки у специфікації моделі.

Ex-post - критерій визначення якісного прогнозу.

В літературі з прогнозування часто використовуються терміни "точність" і "надійність" для оцінки якості прогнозу. Проте, ці терміни можуть мати різне тлумачення і неоднозначне розуміння. Це пояснюється тим, що наразі відсутні ефективні підходи до оцінки якості прогнозу, крім його практичного підтвердження.

Точність прогнозу зазвичай оцінюється за розміром помилки прогнозу, тобто різницю між прогнозованим і фактичним значенням досліджуваного показника. Однак такий підхід можливий лише за наявності інформації про справжні значення часового ряду, на основі якого були розроблені прогнози. Наприклад, це можливо в разі короткострокового прогнозування, коли період випередження вже минув, і дослідник має фактичні значення змінної. Або ж прогноз ще знаходиться у процесі розробки, і прогнозування проводиться для певного моменту в минулому, для якого є відомі фактичні дані.

В останньому випадку використовується *ex-post-прогноз*. Його суть полягає в побудові моделі на основі меншої кількості даних ($n - m$), а потім порівнянні прогнозних оцінок для останніх m точок (для t від $n - m + 1$ до n) з відомими фактичними значеннями, які були спеціально залишені в ряду. Отримані помилки прогнозу під час ретроспективного аналізу в певній мірі характеризують точність застосованої методики прогнозування і можуть бути корисними для порівняння різних прогнозів.

Розмір помилки ретроспективного прогнозу не можна вважати остаточним доказом відповідності або невідповідності використовуваного методу прогнозування. Під час використання цієї міри точності потрібно бути обережним і враховувати, що вона отримана на основі лише обмеженого набору наявних даних. Однак ця міра точності має більшу наочність і теоретично більш надійна, ніж помилка прогнозу, розрахована для періоду, характеристики якого вже були використані при оцінюванні параметрів моделі.

На підставі розглянутих показників можна вибрати найточнішу модель з кількох адекватних варіантів. Зазвичай, помилка прогнозу, розрахована для періоду, в якому використовувалися параметри моделі, є незначною і мало залежить від теоретичної обґрунтованості, застосованої для побудови моделі.

Оцінка точності прогнозної моделі за результатами аналізу ex-post-прогнозів.

Параметричні методи аналізу точності прогнозів. За результатами *ex-post-прогнозу* розраховують такі показники точності прогнозів за m кроків:

Середня квадратична похибка:

$$MSE = \frac{\sum_{i=n-m+1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{m},$$

корінь із середньоквадратичної похибки:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=n-m+1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{m}},$$

середня абсолютна похибка:

$$MAE = \frac{\sum_{i=n-m+1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{m},$$

корінь із середньоквадратичної похибки у відсотках:

$$RMSPE = 100 \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=n-m+1}^n \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)^2},$$

середня абсолютна похибка у відсотках (MAPE):

$$MAPE = \sum_{i=n-m+1}^n \frac{100}{m} * \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{|y_i|}.$$

Чим менше значення цих величин, тим вища якість результату ex-post -прогнозу. На практиці ці характеристики використовують досить часто. Даний підхід дає гарні результати, якщо на періоді результатами ex-post-прогнозу не виникають принципово нові закономірності. На підставі останніх двох критеріїв можна дійти висновку стосовно загального рівня адекватності моделі шляхом їх порівняння:

Точність прогнозу в залежності від MAPE, RMSE

MAPE, RMSE	Точність прогнозу
Менше 10%	Висока
10% - 20%	Добра
20% - 40%	Задовільна
40% - 50%	Погана
Більше 50%	Незадовільна

Щодо характеристик точності прогнозів, важливо враховувати їх залежність від вибраних одиниць виміру. Було б корисним мати безрозмірний показник, аналогічний до коефіцієнта кореляції. Один з таких показників – це коефіцієнт невідповідності Тейла, де чисельником є середньоквадратична похибка прогнозу, а знаменник - квадратний корінь з середнього квадрата фактичних і прогнозованих значень:

$$U = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 / m}}{\sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i^2 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{y}_i^2}}.$$

Коефіцієнт Тейла має перевагу в тому, що його значення завжди знаходяться в діапазоні від нуля до одиниці. Якщо всі прогнози є абсолютно точними, то значення коефіцієнта Тейла буде рівним нулю. Якщо всі прогнози рівні нулю, а фактичні значення відрізняються від нуля, або навпаки, то значення коефіцієнта Тейла буде рівним одиниці. Таким чином, низьке значення коефіцієнта Тейла свідчить про точність прогнозу, але не існує максимального значення. Значення, рівне одиниці, відповідає ситуації, коли всі прогнозні значення рівні нулю, що є нереалістичним для прогнозування номінальних величин,

але відповідає моделі "без змін". Значення коефіцієнта Тейла більше одиниці свідчать про гірший прогноз в порівнянні з прогнозом "без змін".

Коефіцієнт невідповідності Тейла (U) може бути розкладений на три частини:

пропорцію зсування

$$U^M = \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i}}$$

пропорцію дисперсії

$$U^S = \frac{(\sigma_y - \sigma_{\hat{y}})^2}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i}}$$

пропорцію коваріації

$$U^C = \frac{2(1-\rho)(\sigma_y \cdot \sigma_{\hat{y}})}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Зазначимо, що $U^M + U^S + U^C = 1$. Критерій зсуву пропорції (U^M) використовується, щоб перевірити, чи є систематичне відхилення середніх розрахованих та фактичних рядів, тобто чи дає модель систематично завищені або занижені прогнози. Чим менше значення, тим краще. Якщо U^M дорівнює нулю, у розрахованих (прогнозних) значеннях немає зсувань, тобто з моделлю все гаразд. Пропорція дисперсії (U^S) використовується, щоб перекоонатися, що модель має достатні динамічні властивості для відтворення дисперсії фактичних рядів. Наприклад, модель може відтворювати систематично менші коливання, ніж фактичні. Як і у випадку критерію U^M , менше значення U^S вказує на менше зсування. Пропорція коваріації вказує, як корелюють фактичні та розраховані ряди. Якщо U^C дорівнює 1, то фактичні та розраховані ряди корелюють ідеально.

Критичні точки є важливими критеріями якості, оскільки деякі моделі можуть бути точними, але погано передбачати зміни в тенденціях. Інші моделі можуть бути неточними, але мати добру динаміку. Загалом, може існувати компроміс між точністю та динамічними властивостями моделі. Формальних тестів для оцінки цих властивостей не існує. Однак, візуальний аналіз порівняння розрахованих та фактичних даних зазвичай дозволяє визначити, чи здатна модель відтворювати критичні точки.

Обговорені характеристики точності прогнозів є параметричними, оскільки вони вимагають виконання певних припущень щодо властивостей математичного сподівання та дисперсії, що ґрунтуються на нормальному розподілі. Наприклад, використання середньоквадратичної помилки (MSE) базується на припущенні, що всі помилки прогнозу мають однакове та постійне математичне очікування та дисперсію. В реальних економічних ситуаціях часто порушуються припущення про однорідність дисперсії та відсутність автокореляції. Також варто зазначити, що кожен прогноз будується в нових умовах, тому порівняння числової точності прогнозів, зроблених в різні моменти часу, не є повністю коректним. У зв'язку з цим використовуються непараметричні методи аналізу точності прогнозів.

Непараметричні методи аналізу точності прогнозів.

Непараметричні методи аналізу точності прогнозів не залежать від певного розподілу і, отже, не вимагають припущень про нормальність розподілів. Це особливо корисно, коли ми маємо дані, які не дозволяють використовувати числові шкали. Розглянемо два типи непараметричних критеріїв: критерій знаків і рангові критерії.

Критерій знаків використовується для порівняння точності двох послідовностей прогнозів і ґрунтується на відсотку випадків, коли метод прогнозу А є кращим за метод прогнозу В. Це порівняння здійснюється для окремих прогнозів, які стосуються однакових подій або змінних. Якщо обидва методи дають однакову точність, ймовірність того, що відповідь "так" на запитання "чи є прогноз А кращим за

прогноз B'' становитиме 0,5 для кожного з окремих випадків прогнозування. Число K випадків, коли прогноз A кращий, підпорядковано біноміальному розподілу ймовірностей:

$$p(K = x) = C_m^x 0,5^x 0,5^{m-x}.$$

Отже, можна підрахувати ймовірність того, що $K \geq x$. Якщо довжина послідовності прогнозів значна, для оцінювання ймовірностей можна використати нормальну апроксимацію біноміального розподілу.

Критерій знаків можна також використовувати для перевірки значущості описової статистики, відомої під назвою "відсоток кращих результатів", яка показує відсоток випадків, у яких один метод прогнозування кращий за інший і розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{m}{m+n},$$

де m – кількість прогнозів, підтверджених фактичними даними;
 n – кількість прогнозів, не підтверджених фактичними даними.

Коли всі прогнози підтверджуються, $n = 0$ і $\eta = 1$; якщо всі прогнози не підтвердилися, то $m = 0$, а отже, η дорівнюють 0.

Рангові критерії. У разі застосування цих критеріїв чисельна характеристика точності (абсолютна похибка, коли маємо один прогноз, або MSE , коли розглядають послідовність прогнозів) замінюється рангами, які потім перевіряють на значущість. Наприклад, якщо послідовності прогнозів показників A та B одержують за допомогою k методів, то спочатку обчислюють MSE , потім їхні значення ранжують від 1 (найменша MSE) до k (найбільша MSE) (відповідні ранги позначають через R_A , та R_B , для $i = 1, \dots, k$). Після знаходження різниць (d_i) між рангами обчислюють коефіцієнт рангової кореляції Спірмена:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}.$$

За нульову гіпотезу приймають відсутність залежності між рангами, тобто жоден з методів не є гіршим за решту. Гіпотеза відкидається, якщо значення r_s досить велике.

Хоча непараметричні методи мають свої переваги, важливо усвідомлювати, що вони ігнорують частину доступної інформації. Так, критерії знаків та рангів не враховують числових значень похибок.

Підвищення точності прогнозу за рахунок довірчого інтервалу.

Формалізовані методи прогнозування, за умови наявності достовірних даних, дозволяють визначити єдине конкретне значення прогнозованого показника для кожного конкретного періоду – так званий точковий прогноз (точку оцінки для y). Точкові прогнози будуються за допомогою вибраної функції шляхом підстановки у рівняння значень змінних факторів. При цьому передбачається, що прогнозні значення будуть лежати на лінії тренду. Проте абсолютний збіг такого прогнозу з фактичними даними малоймовірний, тобто реальне значення, як правило, буде дещо відхилитися від розрахункового, адже тренду властива невизначеність, передусім через похибки параметрів. Таким чином, на практиці всі реальні дані будуть розсіяні довкола лінії тренду. При цьому ймовірність відхилення від точкового прогнозу зменшується з віддаленням від прогнозної величини в ту чи іншу сторону. Тому в прогнозуванні часто використовуються інтервальні значення прогнозу у вигляді "вилки" – максимального і мінімального значень, які дозволяють з певною ймовірністю, наприклад, 0,95 або 0,99, вважати, що запропонований інтервал включатиме істинне значення прогнозу. Оскільки ця ймовірність задається для інтервалу наперед, вона називається *рівнем довіри (рівнем істотності)*. Інтервал, отриманий за допомогою процедури, що враховує вимоги ймовірності, називається *інтервалом довіри (довірчим інтервалом)*.

Загальний порядок побудови прогнозу з інтервалом довіри наступний:

- розраховують точкову оцінку;
- задають рівень довіри;
- розраховують межі довірчого інтервалу.

Таким чином, якщо розрахована трендова модель є значущою і придатною для прогнозу, інтервал для прогнозних значень \hat{y}_{t+l} (довірчий інтервал) задається формулою:

$$\hat{y}_{t+l} - t_{\alpha,v} \cdot S_{(\Delta t+l)} < \hat{y}_{t+l} < \hat{y}_{t+l} + t_{\alpha,v} \cdot S_{(\Delta t+l)},$$

де: \hat{y}_{t+l} - точковий прогноз на момент часу $t + l$.

$t_{\alpha,v}$ - значення критерію Стюдента (α – рівень значущості та $v = n - k - 1$ – ступінь свободи, k – кількість параметрів при незалежних змінних);

$S_{(\Delta t+l)}$ – стандартна помилка прогнозу.

У даному випадку значення t -критерію Стюдента розраховується для ступенів свободи, які визначаються кількістю статистичних спостережень n у вибірці і загальною кількістю k параметрів (коефіцієнтів, враховуючи b_0) рівняння тренду. Зазначений підхід дозволяє певним чином зменшити два джерела невизначеності, які асоціюються з точковим прогнозом:

- невизначеність через дисперсію (розсіювання) даних відносно лінії тренду;
- невизначеність через дисперсію (розсіювання) лінії тренду, побудованої по окремій групі даних (виборці), відносно регресії, яка була б побудована по іншій групі даних спостереження.

Інтервальні прогнози можуть бути побудовані таким чином, щоб врахувати ці два джерела невизначеності. Стандартна помилка прогнозу $S_{(\Delta t+l)}$, вимірює варіабельність (міру розсіювання) прогнозованого \hat{y}_{t+l} відносно реального y для даних впливових факторів x . Для випадку з одним пояснюючим фактором (поліном першого порядку) вона розраховується за формулою:

$$S_{(\Delta t+l)} = \sqrt{\left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_{t+l} - \bar{x})^2}{\sum(x_t - \bar{x})^2}\right) \cdot S_{\varepsilon}^2},$$

$$S_{\varepsilon}^2 = \frac{\sum \varepsilon_t^2}{n-2},$$

де: $S_{(\Delta t+l)}$ – стандартна помилка прогнозу;

S_{ε}^2 – стандартна помилка апроксимації (відхилень фактичних значень від розрахункових, випадкових залишків).

У випадку екстраполяції тренду, у якому розвиток досліджуваного процесу аналізується лише залежно від часу, формула розрахунку стандартної помилки прогнозу набуває вигляду:

$$S_{(\Delta t+l)} = \sqrt{\left(1 + \frac{1}{n} + \frac{3 \cdot (n+2p-1)^2}{n \cdot (n^2-1)}\right) \cdot S_{\varepsilon}^2},$$

де: n – довжина фактичного ряду динаміки;

p – довжина горизонту прогнозу.

З останнього рівняння можна зробити висновок, що зростання довжини фактичного ряду динаміки веде до зменшення похибки прогнозу, а зростання горизонту прогнозу, навпаки – до її збільшення.

Основні висновки з процедур оцінювання якості прогнозів включають:

- Якість прогнозу не обмежується лише його точністю, але вимірюється також його достовірністю.
- Достовірність або точність прогнозу можуть бути виміряні за допомогою помилки прогнозу.
- Багато факторів впливають на точність або достовірність прогнозу, такі як час попередження, повнота і достовірність вихідної інформації, помилки при аналізі та обробці даних, рівень знань про прогнозоване явище, обраний метод прогнозування, навички аналізу прогнозного фону та кваліфікація працівників і т.д.

- Якісно розроблений прогноз може вважатися задовільним, якщо він виконаний кваліфікованими фахівцями, ґрунтується на достовірній інформації і враховує максимально повну інформацію.

Вибір показників точності прогнозу залежить від об'єкту прогнозування і тих задач, які ставить перед собою дослідник щодо точності прогнозу. Розглянемо основні причини помилок у прогнозуванні:

- Помилка оцінки одного варіанту розвитку є дуже поширеною. Зазвичай для кожного напрямку планування розраховується лише один набір прогнозних параметрів, який, як правило, занижується, щоб підстрахуватися. Проте, якщо реалізується песимістичний варіант розвитку, компанія може не встигнути вчасно відстежити негативну тенденцію та вжити заходи для її виправлення.
- Часто використовується метод екстраполяції, що полягає у визначенні залежностей між параметрами моделі на основі минулих даних та їх перенесенні на майбутнє. Проте цей метод не враховує поточні тенденції ринку. Тому екстраполяція корисна лише як інструмент для "заготівлі" прогнозних значень, включаючи обчислення сезонних коливань попиту і ціни.
- Помилка полягає у недооцінці або ігноруванні релевантних чинників, які впливають на майбутні зміни в зовнішньому та внутрішньому середовищі компанії. Часто такі чинники враховуються спрощено і їх вплив занижується як окремо, так і у сукупності.
- Помилка полягає у неповному врахуванні передбачуваних змін як у прибутковій, так і витратній частині бюджету компанії. Важливо адекватно оцінювати передбачувані зміни та включати їх у фінансові прогнози.
- Багато людей, через свої психологічні особливості, прагнуть бачити бажане, а не реальне. Часто керівники сприймають загрози своєму бізнесу, але не бажають визнавати їх і враховувати. Надмірний оптимізм може призвести до зниження готовності компанії протистояти негативним тенденціям як у внутрішньому, так і зовнішньому середовищі. Тому кожен варіант прогнозу має певну вірогідність реалізації, а кваліфікація прогнозистів полягає у виявленні найбільш ймовірних процесів та подій.

Інтегровані критерії точності й адекватності.

Для визначення точності, адекватності та загальної якості прогнозування використовується система інтегрованих критеріїв. Ця система складається з окремих критеріїв, на основі яких обчислюється інтегрований показник. Наприклад, точність може бути оцінена за допомогою коефіцієнта детермінації, дисперсії та середньої помилки апроксимації, або інших відповідних критеріїв.

Перед розрахунком інтегрованого показника, кожен окремий критерій нормують. Це означає, що вихідна статистика критерію перетворюється таким чином, щоб нормований критерій дорівнював 100 в разі абсолютної точності (адекватності) моделі і 0 в разі абсолютної неточності (неадекватності) моделі.

Загальний критерій якості моделі обчислюють як зважену суму узагальненого критерію точності (з вагою 0,75) і узагальненого критерію адекватності (з вагою 0,25), що надає перевагу точності. Узагальнений критерій точності може бути представлений нормованим значенням середньої відносної помилки апроксимації, а критерій адекватності - нормованим значенням критерію Дарбіна-Уотсона та характеристиками нормального розподілу залишкової компоненти.

Числове значення узагальненого критерію якості знаходиться в діапазоні від 0 до 100, де мінімум відповідає абсолютно неправильній моделі, а максимум - моделі, що ідеально відображає розвиток показника. Застосування цього показника показало, що моделі, які отримують оцінку якості не менше 75, є надійними.

Для визначення оптимального прогнозу необхідний системний критерій, який враховує кілька факторів. Один з таких факторів - відхилення прогнозу від фактичних значень. Очевидно, що прогнозування деяких змінних є простішим, ніж інших. Тому системний критерій повинен враховувати цю особливість.

Оптимальний прогноз визначається з огляду на функцію витрат користувача прогнозу. Це означає аналіз збитків, спричинених помилками прогнозу, порівняння додаткового виграшу від зменшення

помилки та витрат на поліпшення прогнозу. Таким чином, оптимальний прогноз - це найкращий прогноз, який можна отримати в даному контексті.

- При оцінці якості прогнозу слід використовувати систему критеріїв, яка враховує такі аспекти:
- Кількість зусиль, необхідних для побудови моделі, а також наявність комп'ютерних програм.
- Швидкість, з якою метод реагує на значущі зміни в ряді, наприклад, раптові зсуви середнього значення або зміни тренду.
- Наявність автокореляції у помилках прогнозу.
- Стабільність початкових даних.
- Обсяг роботи, особливо у сферах, де потрібно оновлювати тисячі рядів щомісяця. Тут важливо ефективно використовувати час та ресурси.
- Важливість терміновості прогнозу.

Загалом, використання системи критеріїв при визначенні якості прогнозу дозволяє забезпечити більш об'єктивну оцінку, враховуючи різноманітні фактори і вимоги користувачів.

Поняття комбінованого прогнозу.

Серед дослідників немає єдиного погляду на найкращий метод прогнозування. Різноманітність підходів до прогнозування доводить, що кожен метод має свої переваги та призводить до різних результатів. Це означає, що для одного економічного показника може бути кілька різних прогнозів. Зараз постає питання: чи є якийсь метод, який переважає інші, і чи можна поєднати прогнози, отримані різними методами, для створення загального прогнозу, який буде більш точним, ніж окремі прогнози?

Можна сподіватися, що будь-який відкинутий прогноз, через його неоптимальність, все ж містить корисну незалежну інформацію. Ця інформація може бути двосмислою. По-перше, кожен прогноз ґрунтується на специфічній інформації, яка використовується лише в даному методі, і тому не враховується в інших методах. По-друге, кожен прогноз відтворює певні взаємозв'язки між змінними, які можуть відрізнитися від зв'язків, досліджуваних в інших моделях. Комбінація незалежних прогнозів дозволяє використовувати обидва види додаткової інформації. Якщо припустити, що кожна модель описує лише один аспект динаміки даного процесу, то використання кількох моделей дозволяє отримати більш точний і повний опис та прогноз динаміки. Це підходить до стратифікованої методології опису складних систем, яку пропонується сучасною теорією систем. Ця перспектива спонукала ідею об'єднання прогнозів та формування комбінованого, або об'єднаного прогнозу на цій основі.

Можливі способи об'єднання прогнозів включають використання прогнозів з різних джерел, таких як експертні оцінки та статистичні моделі одного класу. Цей процес може включати побудову комбінованого прогнозу шляхом зваженої суми окремих прогнозів.

Сума всіх вагових коефіцієнтів повинна дорівнювати одиниці, а окремі ваги знаходяться в інтервалі від 0 до 1. Зазвичай намагаються надати більшої ваги набору прогнозів, який має менші середньоквадратичні похибки. Існує кілька методів визначення вагових коефіцієнтів, найбільш відомі з яких є дисперсійно-коваріаційний метод та регресійний метод.

Для успішного об'єднання прогнозів необхідно мати принаймні дві адекватні моделі, але кількість прогнозів, які об'єднуються, не повинна перевищувати п'ять, щоб забезпечити стійкість результатів. Комбінування прогнозів, отриманих за допомогою статистичних моделей одного класу, ставить перед нами ряд питань, таких як вибір прогнозів для об'єднання, кількість прогнозів та процедура комбінування. Цей процес також ускладнюють такі фактори, як кореляція між прогнозами, зміна похибок прогнозу з часом та зміщення комбінованого прогнозу. Кожна з цих складнощів вимагає спеціального підходу, і поки немає єдиних правил, суб'єктивні оцінки дослідника є важливою складовою прийняття рішень щодо комбінування прогнозів.

До найпоширеніших методів комбінування прогнозів відносяться дисперсійно-коваріаційний метод та регресійний метод.



Приклади

1. Для визначення параметрів багатofакторної моделі зібраний наступний масив даних, де Y – результативний фактор, $X_1 - X_2$ – незалежні змінні.

Y	X_1	X_2
50000	2600	0,58
58000	3000	0,58
65000	3900	0,58
66000	3900	0,58
67000	3900	0,59
68000	3900	0,60
69000	4000	0,60
70000	4100	0,60
71000	4150	0,60
72000	4160	0,60
73000	4170	0,61
75000	4180	0,62
80000	4200	0,77
79000	4300	0,78
83000	4400	0,79
85000	4500	0,80
79000	4600	0,80
83000	4700	0,81
86000	4800	0,81
89000	4900	0,83
90000	4900	0,84
91000	4900	0,86
90000	4900	0,90
91000	5000	1,00
93000	5000	1,10
100000	5100	1,10
100000	5200	1,10
100000	5300	1,10
110000	5400	1,10
110000	5500	1,10

2. На основі застосування статистичних пакетів MICROSOFT EXCEL "Correlation" та "Regression" визначено параметри багатofакторної моделі, що має вид:

$$Y_t = -3139,71 + 13,57X_t^1 + 30560,50X_t^2.$$

Завдання.

1. Сформувати точковий та інтервальний прогноз для рівня спостереження Y_{31} .
2. Розрахувати показники оцінки багатofакторної моделі за критеріями статистичної адекватності та точності.

1. Розрахуємо допоміжну таблицю (наведена у додатку 3) з необхідними для виконання завдання складовими.

2. Для того, що обрахувати прогнозне значення Y_{t+1} , спочатку необхідно обрахувати прогнозні значення X_{t+1}^1 та X_{t+1}^2 . Існує декілька способів такого розрахунку. Використаємо найпростіший з них – прогнозування на основі лінійного однофакторного тренду залежності показника від фактору часу. Отримаємо такі значення:

$$X_{31}^1 = 5560, \quad X_{31}^2 = 1,12.$$

Відповідно, точковий прогноз результативного фактору розраховується:

$$Y_{31} = -3139,71 + 13,57 * 5560 + 30560,50 * 1,12 = 106508,5$$

3. Для розрахунку інтервального прогнозу спочатку необхідно визначити стандартну помилку прогнозу. Для цього скористаємося спрощеною формулою розрахунку стандартної помилки простого часового ряду:

$$S_{(\Delta t+l)} = \sqrt{\left(1 + \frac{1}{n} + \frac{3 \cdot (n+2p-1)^2}{n \cdot (n^2-1)}\right) \cdot S_{\varepsilon}^2},$$

$$S_{\varepsilon}^2 = \frac{\sum \varepsilon_t^2}{n-2},$$

де: S_{ε}^2 – стандартна помилка апроксимації (відхилень фактичних значень від розрахункових, випадкових залишків);

n – довжина фактичного ряду динаміки;

p – довжина горизонту прогнозу.

$$S_{\varepsilon}^2 = \frac{\sum \varepsilon_t^2}{n-2} = \frac{192530064}{28} = 6876073,72$$

$$S_{(\Delta t+l)} = \sqrt{\left(1 + \frac{1}{n} + \frac{3 \cdot (n+2p-1)^2}{n \cdot (n^2-1)}\right) \cdot S_{\varepsilon}^2} = \sqrt{1,14 * 6876073,72} = 2799,77$$

$$t_{0,05, 27} = 2,05$$

$$106508,5 - 2,05 \cdot 2799,77 < \hat{y}_{t+l} < 106508,5 + 2,05 \cdot 2799,77.$$

$$100768,92 < \hat{y}_{t+l} < 112247,98$$

4. Додаткові множники:

$$\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 = 192530064$$

$$\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{y_t} \right| = 0,671672$$

$$\sum_{i=n-m+1}^n |y_i - \hat{y}_i| = 56760,27$$

$$\sum_{i=n-m+1}^n \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)^2 = 0,024943896$$

5. Показники оцінки багатofакторної моделі за критеріями статистичної адекватності та точності.

$$\hat{\sigma}_\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-k-1}} = 2670,35,$$

$$\bar{\varepsilon}_{\text{відн}} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{y_t} \right| \cdot 100\% = 2,239,$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=n-m+1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{m} = 6417668,80,$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=n-m+1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{m}} = 2533,31,$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=n-m+1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{m} = 1892,01,$$

$$RMSPE = 100 \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=n-m+1}^n \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)^2} = 2,88,$$

$$MAPE = \sum_{i=n-m+1}^n \frac{100}{m} * \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{|y_i|} = 2,24,$$

$$U = \frac{\sqrt{\sum (\hat{y}_i - y_i)^2 / m}}{\sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i^2 + \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{y}_i^2}}} = 0,015317358.$$

6. Загальний висновок. Розраховані показники оцінки багатofакторної моделі за критеріями статистичної адекватності та точності вказують на високу адекватність та точність. Зокрема оцінки відносних помилок знаходяться у діапазоні 2-3%, коефіцієнт Тейла – на рівні 0,015. Це означає, що прогнозна модель може використовуватися для розробки прогнозів з високою мірою надійності.



Питання для самоконтролю

1. Поняття якості, точності та надійності прогнозу.
2. Загальна характеристика параметричних та непараметричних методів оцінювання якості прогновної моделі.
3. Показники, які використовуються в процесі аналізу якості моделі параметричними методами.
4. Рангові критерії та критерії знаків перевірки якості прогновної моделі.
5. Перевірка гіпотези стосовно правильності вибору виду тренду.
6. Перевірка гіпотези стосовно нормального закону розподілу випадкової компоненти.
7. Інтегровані критерії якості та точності прогновної моделі.
8. Який прогноз називається оптимальним?

9. Що означає незміщеність та ефективність?
10. Які існують критерії перевірки раціональності послідовності прогнозів?
11. Яка модель вважається адекватною?
12. Як здійснюється перевірка випадковості коливань рівнів залишкової послідовності?
13. Як здійснюється перевірка відповідності розподілу випадкової компоненти нормальному закону розподілу?
14. Що може бути джерелами помилок?
15. Як здійснюється перевірка рівності математичного сподівання випадкової компоненти нулю?
16. Як здійснюється перевірка незалежності значень рівнів випадкової компоненти? В чому полягає критерій Дарбіна-Уотсона?
17. Сутність параметричних та непараметричних методів аналізу точності прогнозів.

? Питання для дискусії

1. Які основні метрики використовуються для оцінки якості прогнозів? Які переваги та недоліки кожної метрики?
2. Як впливають типи даних (наприклад, категоріальні, числові) на вибір та інтерпретацію метрик оцінки прогнозів?
3. Чому іноді недостатньо простої порівняльної оцінки фактичних та передбачених значень? Які додаткові аспекти слід враховувати?
4. Чому важливо аналізувати різні горизонти прогнозування (короткостроковий, середньостроковий, довгостроковий) при оцінці якості прогнозів?
5. Які підходи можна використовувати для порівняння різних методів прогнозування, зокрема класичних та методів машинного навчання?
6. Які можливі шляхи поліпшення якості прогнозів на основі результатів їх оцінки? Як зробити прогнозну модель більш точною та надійною?
7. Які фактори можуть впливати на точність прогнозів? Як їх ідентифікувати та уникнути впливу негативних факторів?
8. Як використання більш складних моделей, таких як нейромережі або ансамблеві методи, може покращити якість прогнозів порівняно з класичними методами?
9. Чому здійснення регулярного перегляду та оновлення прогнозних моделей є важливим для забезпечення їх актуальності та високої якості?
10. Як важливо здійснювати оцінку та налаштування параметрів моделі для досягнення оптимальної якості прогнозів? Які методи налаштування параметрів можуть бути використані?
11. Які методи підвищення якості прогнозів засновані на використанні зовнішніх джерел даних або додаткової інформації?
12. Чому важливо розглядати не тільки точність, але й інші характеристики прогнозів, такі як стабільність, надійність та здатність до адаптації до змін?
13. Які підходи можна використовувати для виявлення та обробки аномалій у вихідних даних, що можуть впливати на якість прогнозів?
14. Як впливає гранулярність даних (наприклад, щоденні проти щомісячних даних) на якість прогнозів? Які стратегії можна використовувати для агрегування та перетворення даних?
15. Чому навчання моделей на великій кількості даних може покращити якість прогнозів? Як підвищити ефективність збору та зберігання даних для цієї цілі?



Практичні завдання

Завдання 1.

1. У відповідності до варіанту (визначається викладачем за номером здобувача у журналі групи) оберіть результуючий показник (Y) з числа нижченаведених (за даними додатку 1):

Ряд 5 – Національний дохід, ум. один.;

Ряд 7 – Реальний валовий національний продукт, ум. один.;

Ряд 9 – Індекс споживчих цін;

Ряд 10 – Рівень інфляції, %;

Ряд 10 – Індекс промислового виробництва.

2. Побудувати багатофакторну регресійну модель, із застосуванням статистичного пакету "Regression" середовища MICROSOFT EXCEL, з включенням до моделі усіх часових рядів з додатку 1 у якості змінних факторів (за виключенням обраного результуючого фактору). Проаналізувати отримані результати.

3. Виключити з регресійної моделі фактори, що мають невідповідне P -значення t -статистики для коефіцієнта β_j . Повторити розрахунок параметрів моделі зі зменшеною кількістю факторів.

4. Проаналізувати якість двох отриманих моделей за допомогою коефіцієнту детермінації та критеріїв Шварца і Акайка. Зробити висновки.

Завдання 2.

У відповідності до варіанту (визначається викладачем за номером здобувача у журналі групи) оберіть часовий ряд (Ряд 2 – Ряд 14) з таблиці у додатку 1. Для обраного часового ряду необхідно:

1. Підібрати найбільш відповідну функцію часового ряду, яка характеризується достатнім рівнем коефіцієнту детермінації (із застосуванням MICROSOFT EXCEL).

2. Розрахувати, з використанням визначеної функції, вирівняні рівні часового ряду.

3. Розрахувати показники абсолютних та відносних помилок, ступеня розсіювання рівнів вирівняного ряду, коефіцієнту невідповідності Тейла. Зробити висновки.

Завдання 3.

У відповідності до варіанту (визначається викладачем за номером здобувача у журналі групи) оберіть часовий ряд (Ряд 2 – Ряд 14) з таблиці у додатку 1. Для обраного часового ряду необхідно:

1. Підібрати найбільш відповідну функцію часового ряду, яка характеризується достатнім рівнем коефіцієнту детермінації (із застосуванням MICROSOFT EXCEL).

2. Сформувати точковий та інтервальний прогноз для рівня спостереження Y_{21} .

3. Розрахувати показники оцінки багатофакторної моделі за критеріями статистичної адекватності та точності.



Джерела

Допоміжні джерела до матеріалу теми 5:

1. Галушак М.П., Галушак О.Я., Кужда Т.І. Прогнозування соціально-економічних процесів : Навч. посіб. для економічних спеціальностей. Тернопіль : ФОП Паляниця, 2021. 160 с. С. 145-153. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/36761>.
2. Геєць В.М. та ін. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування. Харків : ВД "ІНЖЕК", 2008. 396 с. ISBN 978-966-392-223-2.
3. Клебанова Т.С., Іванов В.В., Дубровіна Н.О. Методи прогнозування. Харків : ХНУ ім. В. Каразіна, 2002. 372 с.
4. Кулявець В.О. Прогнозування соціально-економічних процесів. Київ : Кондор, 2009. 194 с. ISBN 978-966-351-221-1.
5. Лук'яненко І. Г., Городніченко Ю. О. Сучасні економетричні методи у фінансах : Навч. посіб. Київ : Літера ЛТД, 2002. 352 с. ISBN 966-7543-29-3.

6. Планування та прогнозування в умовах ринку : Навч. посіб. / під ред. д.ф.н., проф. В.Г.Воронкової. Київ : ВД "Професіонал", 2006. 608 с. ISBN 966-370-019-X.
7. Холден К., Піл Д., Томпсон Дж. Економічне прогнозування. Вступ. Київ : Інформтехніка, 1996. 216 с.

Допоміжні іншомовні джерела щодо організації прогнозування та контролю якості прогнозів:

8. Montgomery Douglas C., Jennings Cheryl L., Kulahci M. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. Published by John Wiley and Sons Inc, 2016. 644 p. ISBN: 978-1-118-74511-3.
9. Elliott G., Granger C., Timmermann A. Handbook of Economic Forecasting. North Holland, 2006. 1070 p. ISBN 978-044-451-39-53.
10. Box George E.P., Jenkins Gwilym M., Reinsel Gregory C., Ljung Greta M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Hoboken. New Jersey. Published by John Wiley and Sons Inc, 2015. 712 p. ISBN 978-1-118-67502-1. <http://dx.doi.org/10.1111/jtsa.12194>.
11. Michael P. Clements, David F. Hendry The Oxford Handbook of Economic Forecasting. Oxford University Press, 2011. 624 p. ISBN 978-019-539-86-49.
12. Mills Terence. Applied Time Series Analysis. A Practical Guide to Modeling and Forecasting. Academic Press, 2019. 354 p. ISBN 978-0-12-813117-6.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Вихідні дані для практичних завдань

№ року	Витрати на особисте споживання, ум. один.	Чистий експорт, ум. один.	Валовий національний продукт, ум. один.	Національний дохід, ум. один.	Дохід після виплати податків, ум. один.	Реальний валовий національний продукт, ум. один.	Зміна реального ВВП, %	Індекс споживчих цін	Рівень інфляції, %	Індекс промислового виробництва	Пропозиція грошей, ум. один.	Населення (млн. осіб)	Робоча сила (млн. осіб)
Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 4	Ряд 5	Ряд 6	Ряд 7	Ряд 8	Ряд 9	Ряд 10	Ряд 11	Ряд 12	Ряд 13	Ряд 14
1	440,7	9,7	705,1	585,2	486,8	2087,6	5,8	31,5	1,6	66,1	169,5	194,3	74,5
2	477,3	7,5	772	642	525,9	2208,3	5,8	32,4	2,9	72	173,7	196,6	75,8
3	503,6	7,4	816,4	677,7	562,1	2271,4	2,9	33,4	3,1	73,5	185,1	198,7	77,3
4	552,5	5,5	892,7	739,1	609,6	2365,6	4,1	34,8	4,2	77,6	199,4	200,7	78,7
5	597,9	5,6	963,9	798,1	656,7	2423,3	2,4	36,7	5,5	81,2	205,8	202,7	80,7
6	640	8,5	1015,5	832,6	715,6	2416,2	-0,3	38,8	5,7	78,5	216,6	205,1	82,8
7	691,6	6,3	1102,7	898,1	776,8	2484,8	2,8	40,5	4,4	79,6	230,8	207,7	84,4
8	757,6	3,2	1212,8	994,1	839,6	2608,5	5	41,8	3,2	87,3	252	209,9	87
9	837,2	16,8	1359,3	1122,7	949,8	2744,1	5,2	44,4	6,2	94,4	265,9	211,9	89,4
10	916,5	16,3	1472,8	1203,5	1038,4	2729,3	-0,5	49,3	11	93	277,5	213,8	91,9
11	967,7	17	1555,1	1264,3	1059,7	2845,1	4,2	52,3	7,8	99	280,4	215,4	93,1
12	990,8	17,5	1611,7	1297,1	1058	2881,2	1,3	55,4	6,6	101,1	290,1	217,9	95,1
13	1050,5	16,9	1695,1	1360,1	1110,9	2899,5	0,6	58,9	4,2	102,3	314,5	219,1	95,6
14	1078,5	16,8	1745,1	1395,5	1090,7	2905,6	0,2	62,1	3,1	104,2	320,5	220,1	96,4
15	1180,9	18	1866,3	1500,9	1151,9	2945,1	1,4	66,3	2,1	104,8	324,8	223,5	96,9
16	1250,5	18,6	1970	1583,8	1209,3	2987,2	1,4	67,9	3	105,5	331,2	225,5	97,1
17	1300,4	20,2	2050,5	1642	1234,3	3050,2	2,1	69,1	3,2	107,1	335,9	231,1	97,8
18	1399,5	19,5	2167,1	1729,1	1267,4	3148,9	3,2	72,3	2,9	107,9	339,2	242,8	98,8
19	1500,5	19,8	2300,4	1938	1439,4	3200,1	1,6	74,4	2,4	108	345,1	245,7	99,1
20	1580,8	19,7	2400,8	1911,2	1379,3	3254,1	1,7	78,1	2,5	108,1	348,8	248,8	99,9

Вихідні дані для практичних завдань

Номер оцінюваного фактору (j)	Оцінки, поставлені <i>i</i> – ум експертом <i>j</i> – му фактору									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	7	1	3	2	2	2	6	5	8
2	2	2	1	4	3	5	7	6	8	2
3	4	1	4	2	3	5	6	8	5	3
4	3	3	3	5	1	6	7	1	2	1
5	5	5	2	1	1	3	4	4	1	1
6	4	4	3	4	5	6	7	2	2	3
7	3	3	3	4	2	1	3	5	7	8
8	7	1	6	3	2	5	4	8	7	6
9	7	6	5	4	3	7	1	2	4	2
10	3	1	2	8	3	4	2	6	7	5
11	5	4	6	7	3	4	2	2	2	1
12	6	6	1	4	4	4	5	7	6	8
13	3	3	2	4	4	3	3	5	7	7
14	8	8	4	3	4	2	5	6	7	8
15	4	4	3	3	4	2	5	4	5	5
16	7	2	5	6	1	4	3	2	7	4
17	4	2	6	7	5	3	1	7	4	2
18	8	3	7	8	4	7	6	5	1	2
19	1	2	4	3	3	5	2	3	7	6
20	3	8	1	7	2	4	5	2	4	6
21	5	2	3	7	1	3	2	4	8	6
22	1	4	3	3	3	3	2	2	5	8
23	4	4	4	3	2	4	5	7	8	6
24	1	6	2	5	7	4	3	4	5	2
25	4	1	2	3	7	5	2	3	6	6
26	2	2	1	3	4	5	6	7	8	2
27	1	3	3	4	6	5	5	2	2	2
28	3	3	4	2	2	1	5	5	6	7
29	7	6	8	5	1	2	2	4	4	3
30	3	4	4	5	7	6	3	3	2	4

Допоміжні розрахунки до теми 5

Номер спостереження	Y	X_1	X_2	\hat{Y}_t	$(Y_t - \hat{Y}_t)^2$	$\left \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{y_t} \right $	$ y_i - \hat{y}_i $	$\left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)^2$	$\frac{100}{m} * \frac{ y_i - \hat{y}_i }{ y_i }$	y_i^2	\hat{y}_i^2
1.	50000	2600	0,58	49867,38	17588	0,002652	132,62	0,000007035	0,0088	2500000000,0	2486755588,1
2.	58000	3000	0,58	55295,38	7314969	0,046631	2704,62	0,002174486	0,1554	3364000000,0	3057579049,3
3.	65000	3900	0,58	67508,38	6291970	0,03859	2508,38	0,001489224	0,1286	4225000000,0	4557381370,2
4.	66000	3900	0,58	67508,38	2275210	0,022854	1508,38	0,000522316	0,0762	4356000000,0	4557381370,2
5.	67000	3900	0,59	67813,99	662572	0,012149	813,985	0,000147599	0,0405	4489000000,0	4598736561,6
6.	68000	3900	0,60	68119,59	14302	0,001759	119,59	0,000003093	0,0059	4624000000,0	4640278541,8
7.	69000	4000	0,60	69476,59	227138	0,006907	476,59	0,000047708	0,0230	4761000000,0	4826996558,0
8.	70000	4100	0,60	70833,59	694872	0,011908	833,59	0,000141811	0,0397	4900000000,0	5017397472,3
9.	71000	4150	0,60	71512,09	262236	0,007213	512,09	0,000052021	0,0240	5041000000,0	5113979016,2
10.	72000	4160	0,60	71647,79	124052	0,004892	352,21	0,000023930	0,0163	5184000000,0	5133405811,9
11.	73000	4170	0,61	72089,1	829748	0,012478	910,905	0,000155704	0,0416	5329000000,0	5196837617,9
12.	75000	4180	0,62	72530,4	6098924	0,032928	2469,6	0,001084253	0,1098	5625000000,0	5260658924,2
13.	80000	4200	0,77	77385,88	6833650	0,032677	2614,125	0,001067758	0,1089	6400000000,0	5988573649,5
14.	79000	4300	0,78	79048,48	2350	0,000614	48,48	0,000000377	0,0020	6241000000,0	6248662190,3
15.	83000	4400	0,79	80711,09	5239132	0,027577	2288,915	0,000760507	0,0919	6889000000,0	6514279241,9
16.	85000	4500	0,80	82373,69	6897504	0,030898	2626,31	0,000954672	0,1030	7225000000,0	6785424804,2
17.	79000	4600	0,80	83730,69	22379428	0,059882	4730,69	0,003585872	0,1996	6241000000,0	7010828447,9
18.	83000	4700	0,81	85393,3	5727861	0,028835	2393,295	0,000831450	0,0961	6889000000,0	7292014831,0
19.	86000	4800	0,81	86750,3	562943	0,008724	750,295	0,000076114	0,0291	7396000000,0	7525613682,6
20.	89000	4900	0,83	88718,51	79239	0,003163	281,495	0,000010004	0,0105	7921000000,0	7870973129,4
21.	90000	4900	0,84	89024,11	952361	0,010843	975,89	0,000117575	0,0361	8100000000,0	7925292161,3
22.	91000	4900	0,86	89635,32	1862352	0,014996	1364,68	0,000224895	0,0500	8281000000,0	8034490591,5
23.	90000	4900	0,90	90857,74	735718	0,00953	857,74	0,000090829	0,0318	8100000000,0	8255128917,9
24.	91000	5000	1,00	95270,79	18239647	0,046932	4270,79	0,002202590	0,1564	8281000000,0	9076523427,2
25.	93000	5000	1,10	98326,84	28375224	0,057278	5326,84	0,003280752	0,1909	8649000000,0	9668167464,4
26.	100000	5100	1,10	99683,84	99957	0,003162	316,16	0,000009996	0,0105	10000000000,0	9936867957,1
27.	100000	5200	1,10	101040,8	1083348	0,010408	1040,84	0,000108335	0,0347	10000000000,0	10209251347,9
28.	100000	5300	1,10	102397,8	5749637	0,023978	2397,84	0,000574964	0,0799	10000000000,0	10485317636,7
29.	110000	5400	1,10	103754,8	39002023	0,056774	6245,16	0,003223308	0,1892	12100000000,0	10765066823,4
30.	110000	5500	1,10	105111,8	23894108	0,044438	4888,16	0,001974720	0,1481	12100000000,0	11048498908,2
Σ										205211000000	205088363094



Навчальне видання

ОВЧАРЕНКО Євген Іванович

МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Оригінал-макет *Погорелова Т.В.*

Підписано до друку 29.12.2023.
Гарнітура Calibri Light. Умов. друк. арк. 14,6. Обл.-вид. арк.15,9.
Вид. №3409.

Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Юридична адреса: пр-т Центральний, 59-а, м. Северодонецьк, 93400, Україна

Фактична адреса: вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, 01042, Україна

Е-mail видавництва: izdat@snu.edu.ua