

**А.Д. ПІЛЬКО**

**Прогнозування  
соціально-економічних  
процесів**

*Конспект лекцій*

**Івано-Франківськ  
2011**

УДК 388.27  
ББК 65.23  
П 32

Пілько А.Д. Прогнозування соціально-економічних процесів:  
Конспект лекцій — Івано-Франківськ, 2011. — с.

**Рецензенти:** канд. екон. наук, старший науковий  
співробітник *Пилипів В.В.*  
канд. екон. наук, доцент *Дмитришин Л.І.*

У виданні висвітлено основні поняття та методичні підходи до вирішення задачі прогнозування розвитку соціально-економічних процесів та систем. Розглянуто основні методи прогнозування: експертні, аналізу динаміки часових рядів та економетричні. З метою закріплення матеріалу по кожній темі подано перелік питань для самоперевірки.

Видання розраховане на студентів економічних спеціальностей вузів, аспірантів а також всіх тих, хто цікавиться теоретичними та прикладними аспектами соціально-економічного прогнозування.

Друкується за рекомендацією Вченої ради економічного факультету Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Протокол № 9 від 25 травня 2011 року.

## Зміст

Вступ .....	4
Тема 1. Суть, основні завдання та функції прогнозування .....	5
Тема 2. Прогнозування соціально-економічного розвитку .....	13
Тема 3. Інструментарій та методи прогнозування .....	22
Тема 4. Методи якісного прогнозування .....	29
Тема 5. Аналіз часових рядів.....	38
Тема 6. Прогнозування тенденції часового ряду .....	47
Тема 7. Прогнозування на основі факторних моделей.....	59
Тема 8. Оцінка якості прогнозу .....	69
Література .....	80

## Вступ

Важливими передумовами успішного управління розвитком соціальних та економічних систем різного рівня складності та ієрархії є чітке усвідомлення суб'єктом управління особливостей таких систем і процесів, які в них відбуваються, а також розуміння специфіки середовища, в якому розвиваються аналізовані система чи процес. Однак ефективне управління не може обмежуватись самим аналізом ретроспективного та поточного стану справ.

Проведений аналіз існуючої практики управління соціальними та економічними системами дає можливість запропонувати нові напрями її оптимізації, котра, в свою чергу, передбачає орієнтацію на запрограмовані показники розвитку як внутрішніх системних характеристик, так і параметрів зовнішнього середовища з урахуванням прогнозних значень ключових параметрів об'єкта управління.

Саме орієнтація на прогнозні показники розвитку дозволяє розробляти та втілювати в життя дієві стратегії управління процесами в соціальних та економічних системах. Важливість володіння інструментарієм та методиками розробки прогнозів для економіста і управлінця в сучасних умовах є беззаперечною. Саме цій меті відповідає дисципліна «Прогнозування соціально-економічних процесів».

Відповідно до її програми в посібнику розглядаються: суть, основні завдання та функції прогнозування, особливості прогнозування розвитку соціально-економічних процесів та систем, інструментарій та методи соціально-економічного прогнозування, існуючі методики прогнозування на основі трендових та факторних моделей, основні підходи до проведення та оцінки якості розроблених прогнозів.

# **Тема 1. Суть, основні завдання та функції прогнозування**

- 1. Основні поняття прогнозування.**
- 2. Типологія прогнозів. Основні етапи розробки прогнозу.**
- 3. Основні функції та завдання прогнозування.**
- 4. Прогнозування і прогностика. Методологічні та методичні принципи прогнозування.**

## **1. Основні поняття прогнозування.**

Слово «прогноз» походить від грецьких слів «про» та «гнозис» і перекладається як «передбачення», «завбачення». Однак таке пояснення не дає цілісного уявлення про сутність та основні завдання прогнозу. Загальним поняттям, яке поєднує всі різновиди отримання інформації про майбутнє, є передбачення, яке поділяється на наукове і ненаукове (інтуїтивне, повсякденне, релігійне й ін.). Наукове передбачення базується на знанні закономірностей розвитку природи, суспільства, мислення; інтуїтивне – на передчуттях людини, повсякденне – на життєвому досвіді; релігійне – на вірі в надприродні сили, які визначають майбутнє. Виділяють дві взаємозалежні форми конкретизації передбачення: форму передрікання, яку прийнято вважати дискриптивною або описовою та передвказівну форму, яку ще називають переддискриптивною або розпорядчою.

За допомогою передрікання проводиться опис можливих або бажаних перспектив, станів, рішень, які стосуються проблем майбутнього. Передвказання пов'язане з власне вирішенням цих проблем, використанням інформації про майбутнє для цілеспрямованої діяльності особистості і суспільства.

Передрікання найчастіше проявляється у формах передчуття, передвгадування, прогнозування. Передчуття (просте передбачення) містить інформацію про майбутнє на рівні інтуїції – підсвідомості. Передвгадування (складне передбачення) несе інформацію про майбутнє на основі життєвого досвіду, це більш-менш вірні здогади про майбутнє, проте незасновані на спеціальних наукових дослідженнях. Нарешті, прогнозування (яке часто вживають у попередніх значеннях) повинно означати при такому підході спеціальне наукове дослідження, предметом якого виступають перспективи розвитку явища.

Передвказання виступає у формах цілевбачання, планування, програмування та проектування, які є складовими управлінських рішень. Цілевбачання – це встановлення ідеально припустимого

результату діяльності. Планування – проекція в майбутнє людської діяльності для досягнення наперед заданої мети при визначених засобах, перетворенні інформації про майбутнє в директиви для цілеспрямованої діяльності. Програмування означає встановлення основних положень, які потім розгортаються в плануванні, або послідовності конкретних заходів щодо реалізації планів.

Проектування – створення конкретних образів майбутнього, деталей програм.

Залежно від ступеня конкретизації та характеру впливу на хід досліджуваних процесів прийнято виокремлювати три форми передбачення: гіпотезу, прогноз та план (програму).

Гіпотеза характеризує наукове передбачення на рівні загальної теорії. Вихідною базою для побудови гіпотези є теорія а також відкриті на її базі закономірності розвитку і причинно-наслідкові взаємозв'язки функціонування досліджуваних об'єктів. На рівні гіпотези подається якісна характеристика розвитку досліджуваної системи або процесу, яка описує загальні закономірності поведінки.

Прогноз – це ймовірнісне науковообгрунтоване судження про перспективи, можливі стани того чи іншого явища в майбутньому та (або) про альтернативні шляхи і терміни їх здійснення. Порівняно з гіпотезою, прогноз має значно більшу визначеність, так як ґрунтується не тільки на якісних, а й на кількісних параметрах.

Прогноз описує передбачення на рівні прикладної теорії. Таким чином, прогноз відрізняється від гіпотези меншим ступенем невизначеності та більшою достовірністю. В той же час, зв'язки між прогнозною інформацією та станом досліджуваного (прогнозованого) об'єкта не є строго детермінованими та однозначними - прогноз носить імовірнісний характер. В цьому контексті доцільно навести коротке визначення прогнозу, дане Е.Янчем: прогноз (forecast) – це імовірнісне судження про майбутнє з відносно високим рівнем ймовірності.

План являє собою постановку точно визначеної цілі та передбачення визначених детально описаних подій в розвитку досліджуваного об'єкта. В ньому фіксуються шляхи та засоби розвитку у відповідності з поставленими задачами, обґрунтовуються прийняті управлінські рішення. В плані передбачення отримує найбільшу чіткість та визначеність. Як прогноз, так і план ґрунтуються на результатах та досягненнях прикладних економіко-математичних методів.

Програма – це рішення відносно сукупності заходів, необхідних для реалізації науково-технічних, екологічних, соціально-економічних та інших задач. Програма може виступати передплановим рішенням, а також конкретизувати окремі аспекти плану.

Прогнозування соціально-економічних процесів (СЕП) — це наукова дисципліна, яка вивчає основні підходи до розробки прогнозів розвитку національної економіки та соціальної сфери, ґрунтується на науковому пізнанні соціально-економічних явищ та використанні всієї сукупності методів, засобів і можливостей прогностики.

Процес розроблення прогнозів називають прогнозуванням. Подібно до будь-якої діяльності (зокрема й творчої) характер прогнозування визначають його суб'єкт і об'єкт, застосовувані засоби й методи, а також навколишнє середовище.

Прогнози виражаються у вербальній, математичній, графічній або іншій формах.

Суб'єктами прогнозування соціально-економічного розвитку є органи державної влади й місцевого самоврядування, корпорації й підприємства, також науково-дослідні й консалтингові організації, окремі експерти, яких залучають для розроблення й упровадження прогнозів.

Об'єктом соціально-економічного прогнозування є соціально-економічні процеси (СЕП) — тобто сукупність економічних і соціальних процесів формування та функціонування соціально-економічної системи, які характеризують динаміку зміни її параметрів на певному рівні господарювання

Іншими словами, прогноз є пошуком реалістичного, економічно правильного рішення для управління об'єктом чи процесом, а прогнозування є необхідним і важливим науково-аналітичним етапом загального процесу планування.

## **2. Типологія прогнозів. Основні етапи розробки прогнозу**

Типологію прогнозів можна будувати за різними критеріями в залежності від цілей, задач, об'єктів, предметів, проблем, характеру, періоду попередження, методів, організації прогнозування тощо.

Як правило, прогнози класифікують за наступними ознаками:

1. горизонт прогнозування ( оперативні,  короткострокові,  середньострокові,  довгострокові);
2. управлінський критерій ( цільові,  планові,  програмні,  проектні,  організаційні);
3. Проблемно-цільовий критерій ( пошукові,  нормативні);
4. Об'єкт досліджень ( природознавчі,  науково-технічні,  соціальні);
5. Ступінь імовірності майбутніх подій ( варіантні,  інваріантні);
6. Спосіб представлення результатів прогнозу ( точкові,  інтервальні).

Для окремих прогнозів можуть застосовуватися й інші ознаки класифікації прогнозів. Наприклад, для прогнозів ринкової кон'юнктури важливо виділити таку ознаку, як охоплення об'єктів дослідження – в залежності від нього прогноз може бути глобальним, регіональним, локальним. Інакше кажучи, він може охоплювати весь ринок країни або обмежуватися ринком визначеного регіону, може також охоплювати локальний ринок окремого підприємства. Прогноз може розглядати ринкову ситуацію в цілому або ж його предметом буде ринок окремого товару.

Основні етапи розробки прогнозів:

1) передпрогнозна орієнтація. На даному етапі складається програма дослідження – визначаються характер, масштаби, об'єкт, формулюються цілі, завдання, предмет, проблеми та робочі гіпотези, обираються методи аналізу, структура, вирішуються питання стосовно організаційного забезпечення дослідження;

2) побудова вихідної (базової) моделі прогнозованого об'єкта методами системного аналізу. На даному етапі розробляється концептуальна модель об'єкта дослідження, на якісному рівні з'ясовуються чинники, що впливають результати розвитку аналізованого процесу на даний час і в майбутньому;

3) збір даних прогнозного тла – формується вибірка згідно заданого принципу;

4) побудова динамічних рядів показників методами екстраполяції – проводиться попередній аналіз даних і підбираються моделі, які найкраще описують закономірності розвитку;

5) побудова серії пошукових моделей об'єкта методами пошукового аналізу профільних і фонових показників;

6) побудова серії гіпотетичних нормативних моделей прогнозованого об'єкта;

7) оцінка вірогідності і точності, а також обґрунтованості (верифікація) прогнозу;

8) розробка рекомендацій для прийняття управлінських рішень;

9) експертне обговорення (експертиза) прогнозу і рекомендацій, їхнє доопрацювання;

10) повторна передпрогнозна орієнтація на основі зіставлення матеріалів уже розробленого прогнозу з новими даними.

### **3. Основні функції та завдання прогнозування.**

Основними функціями прогнозування є:

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



- дослідження об'єктивних зв'язків соціально-економічних явищ розвитку систем різного рівня складності в конкретних умовах визначеного періоду;
- оцінка об'єкта прогнозування;
- виявлення альтернатив розвитку економіки та соціального розвитку;
- накопичення наукового матеріалу для обґрунтування вибору визначених рішень.

Науковий аналіз економічних, соціальних та науково-технічних процесів і тенденцій здійснюється за трьома стадіями: ретроспекції, діагнозу, проспекції.

Ретроспекція – це такий етап прогнозування, коли досліджується історія розвитку об'єкта прогнозування з метою його систематизованого опису. На цій стадії здійснюється збирання, зберігання та обробка інформації, джерел, необхідних для прогнозування, оптимізація як складу джерел, так і методів вимірювання і подання інформації.

Діагноз є етапом прогнозування, на якому досліджується систематизований опис об'єкта прогнозування з метою виявлення тенденцій його розвитку і вибору моделей та методів прогнозування. На цій стадії проводиться аналіз об'єкта прогнозування, який є основою прогнозної моделі. Вона закінчується не тільки розробкою моделі прогнозування, але й вибором адекватного методу прогнозування.

Проспекція – це етап прогнозування, на якому за даним аналізу розробляються прогнози об'єкта прогнозування, проводиться оцінка вірогідності, точності та обґрунтованості прогнозу (верифікація), а також реалізація мети прогнозу. На цій стадії виявляється інформація про об'єкт прогнозування, якої раніше було недостатньо, уточнюється раніше отримана інформація.

Основні завдання прогнозування:

- розробка прогнозу ринкової потреби в кожному конкретному виді вартості, що споживається відповідно до результатів досліджень;
- виявлення основних економічних, соціальних та науково-технічних тенденцій, які впливають на потребу в тих чи інших благах;
- вибір показників, які суттєво впливають на величину корисного ефекту прогнозної продукції в умовах ринку;
- вибір методу прогнозування та часу випередження;
- прогнозування показників якості нової продукції з плином часу та врахуванням чинників, які на них впливають;
- прогноз організаційно-технічного рівня виробництва за стадіями життєвого циклу продукції;

- оптимізація прогнозних показників якості за критерієм максимально корисного ефекту при мінімальних сукупних витратах за життєвий цикл продукції;

- обґрунтування економічної доцільності розробки нової продукції чи поліпшення якості та ефективності продукції, що виробляється, враховуючи наявні ресурси та пріоритети.

Розрізняють три основні джерела інформації, яка використовується в процесі прогнозування:

- *набутий досвід*, ґрунтований на знанні закономірностей проходження й розвитку досліджуваних явищ, процесів, подій;

- *екстраполяція наявних тенденцій*, закони розвитку яких у минулому й сучасному відомі;

- *модель стану в майбутньому* об'єктів прогнозування, побудована відповідно до очікуваних або бажаних змін ряду умов, перспективи розвитку яких достатньо відомі.

Цим джерелам інформації відповідають **три підходи до розробки прогнозів**, що взаємно доповнюють одне одного:

- *експертний* - ґрунтується на мобілізації професійного досвіду та інтуїції залучених експертів для отримання прогнозів, що не мають кількісних характеристик. Даний підхід використовують в тих випадках, коли немає достовірної статистичної інформації для використання формалізованих підходів або ж розробник прогнозу не має достатнього обсягу статистичних даних. Експертні методи фактично є єдино можливими для використання в тих випадках, коли збір достовірної статистичної інформації є надто дорогою та економічно не вигідною справою. Також даний підхід рекомендується застосовувати в тих випадках, коли в розвитку прогнозованих процесів передбачаються різкі зміни, про характеристики яких майже нічого невідомо;

- *екстраполяція* — даний підхід передбачає вивчення інформації про минулий та поточний розвиток об'єкта з подальшим перенесенням закономірностей цього розвитку на майбутнє. При цьому висувається припущення, що вплив чинників, які викликали закономірності зміни значень результуючого показника в минулому несуттєво зміниться в періоді, на який розробляється прогноз;

- *моделювання* — дослідження пошукових і нормативних моделей прогнозованого об'єкта у світлі очікуваних або окреслених змін його стану. Моделі соціально-економічних процесів прийнято розрізняти за методами, які використовують у математиці для їх побудови. Формалізоване відображення вхідних положень має загальну назву — «економіко-математичні моделі». Вони можуть бути статичними або

динамічними, стохастичними або детермінованими, лінійними або нелінійними, зі стаціонарною або змінною структурою відображення досліджуваного процесу тощо.

## **5. Прогнозування і прогностика**

Прогностика — наукова дисципліна, яка вивчає загальні принципи та методи прогнозування розвитку об'єктів будь-якої природи, закономірності процесу розробки прогнозів. Як наука, прогностика сформувалась в 70 - 80-х роках ХХ століття. Крім поняття «прогностика», в літературі часто використовують термін футурологія.

Предметом прогностики є дослідження законів і методів прогнозування. Її завдання – розробка відповідних проблем гносеології і логіки теоретичного прогностичного дослідження, наукових принципів типології прогнозів, класифікації методів прогнозування, розмежування таких взаємозалежних понять як гіпотеза і прогноз, прогноз і закон, аналіз і прогноз, прогноз і план, рішення тощо. Одна з найважливіших задач прогностики – розробка спеціальних методологічних проблем прогнозування з метою підвищення обґрунтованості прогнозів.

*Методологічні принципи прогнозів і псевдопрогнозів.* Можна спиратися на три основні методологічні прогностичні принципи:

- 1) оптимізму – впевненість у тому, що прогностика здатна допомогти людям зробити своє життя кращим;
- 2) майбутнього – кожне явище слід розглядати з точки зору його майбутнього (майбутнє присутнє в теперішньому: що добре для майбутнього, добре і для теперішнього; турбота про майбутнє – це турбота про людей сьогодення);
- 3) актуалізму (на основі сучасних процесів можна робити судження про процеси в минулому).

Псевдопрогнози методологічно базуються на принципах:

- 1) безпросвітнього песимізму;
- 2) збереження теперішнього;
- 3) "футурошоку".

Згідно з першим принципом, злободенні соціальні проблеми розв'язати неможливо. Другий принцип свідчить про прагнення законсервувати теперішнє. Посилання на "футурошоки" – це звинувачення майбутнього в тому, що воно породжує нинішні проблеми.

*Методичні принципи прогнозів і псевдопрогнозів.* Одних лише методологічних прогностичних принципів замало, аби розпізнати всі псевдопрогнози. Потрібно враховувати також і методичні принципи.

Методичні прогностичні принципи:

- 1) системність;
- 2) узгодженість;
- 3) варіантність;
- 4) неперервність (вимагає коригування прогнозів у міру надходження нових даних про об'єкт прогнозування);
- 5) верифікаційність (характеристика, яка дозволяє оцінити правильність даного прогнозу);
- 6) рентабельність прогнозування (підвищення економічного ефекту від використання прогнозу над витратами на його розробку).

Всі вони можуть бути корисними, та жоден не дозволяє встановити однозначно – перед нами прогноз чи псевдопрогноз.

Методичні псевдопрогностичні принципи:

- 1) довільність;
- 2) інформаційна прірва між теперішнім і майбутнім;
- 3) фатальна неминучість світової катастрофи.

### *Питання для самоперевірки*

1. Як пов'язані між собою поняття: прогнозування, і передбачення; гіпотеза, прогноз, план?
2. На яких принципах ґрунтується процес прогнозування?
3. Що є об'єктом, суб'єктом та предметом прогнозування?
4. Назвіть основні завдання прогнозування.
5. На які групи можна розділити методи прогнозування?
6. Назвіть та охарактеризуйте етапи прогнозування.
7. Джерела інформації для розробки прогнозів
8. Основні задачі прогностики.
9. Характеристика принципів прогнозів та псевдопрогнозів.
10. Перспективи розвитку прогностики як наукової дисципліни.

## **Тема 2. Прогнозування соціально-економічного розвитку**

- 1. Соціально-економічна система як об'єкт прогнозування.**
- 2. Застосування ідей та принципів системного аналізу до дослідження та прогнозування соціально-економічних систем**
- 3. Система соціально-економічного прогнозування та принципи її реалізації.**
- 4. Прогнозні документи економічного та соціального розвитку.**

### **1. Соціально-економічна система як об'єкт прогнозування.**

Соціально-економічна система – складна імовірнісна динамічна система, яка охоплює процеси виробництва, обміну, розподілу, споживання матеріальних та інших благ. Соціально-економічні системи відносять до класу кібернетичних систем, тобто систем з управлінням.

Властивості соціально-економічних систем, які необхідно враховувати в ході їх дослідження та прогнозування:

- ємерджентність як вищий прояв цілісності системи;
- динамічність економічних процесів, що полягає у зміні параметрів та структури соціально-економічних систем під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів;
- стохастичний характер економічних явищ, що обумовлює застосування до їх описання статистичних методів дослідження;
- закономірності соціально-економічних процесів проявляються тільки за наявності достатньої кількості спостережень;
- неможливість абстрагування соціальних та економічних процесів від зовнішнього середовища та спостереження їх в чистому вигляді.

Соціально-економічні прогнози поділяють на два блоки — «економічні» та «соціальні» прогнози.

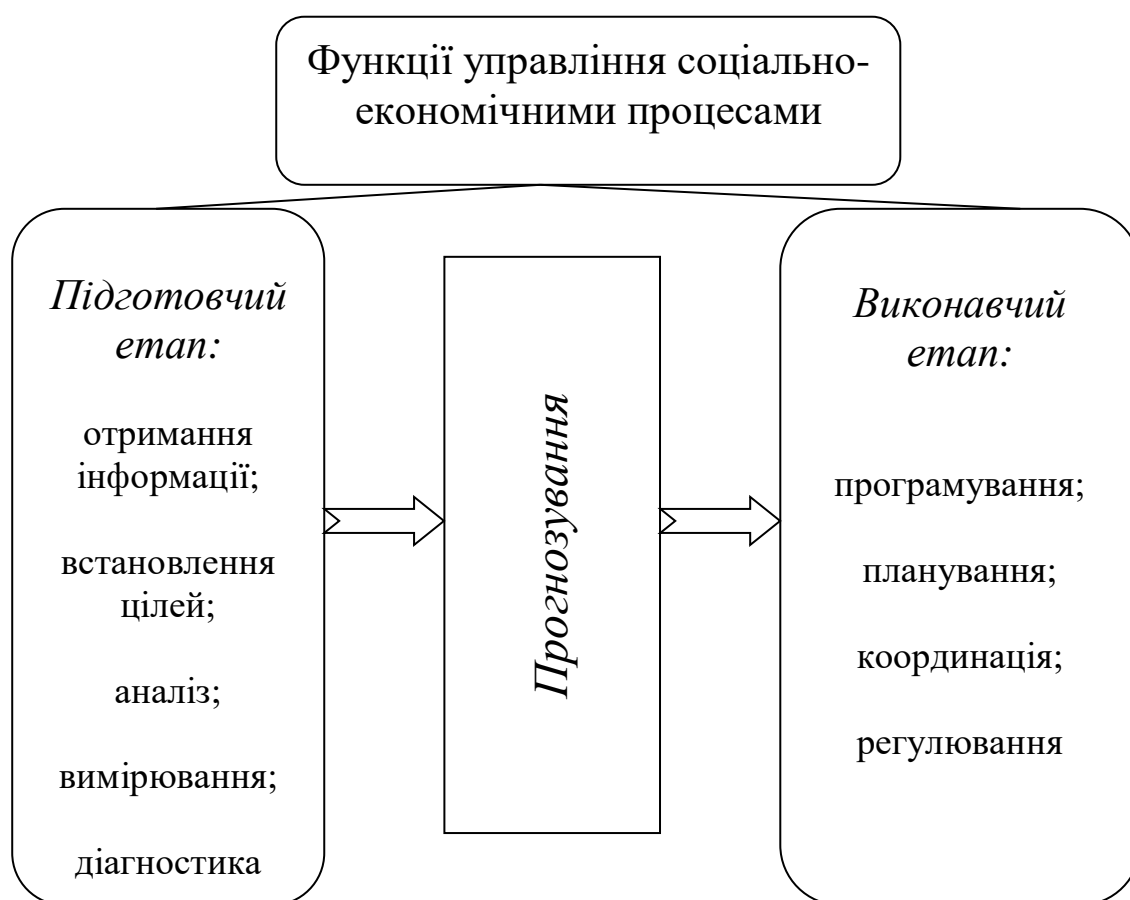
В «економічному» блоці основними є:

- прогноз сукупної пропозиції, або економічного зростання;
- прогноз сукупного попиту;
- прогноз галузевої структури національної економіки;
- прогноз рівня інфляції.

У «соціальному» блоці основними вважаються:

- прогноз рівня життя населення;
- прогноз зайнятості населення;
- прогноз житлово-комунального господарства та побуту;
- прогноз охорони здоров'я та освіти;
- прогноз культури й мистецтва.

Виходячи із загальноприйнятих понять теорії управління суспільними процесами, прогнозування відіграє ключову роль у системі управління процесами соціально-економічного розвитку як єдина ланка між об'єктивно необхідними функціями підготовки й реалізації відповідних рішень (Рис. 2.1).



*Рис. 2.1 Місце прогнозування серед функцій управління соціально-економічними процесами*

Функції підготовчого етапу мають дослідницький і аналітичний характер. До них належать такі п'ять функцій:

- отримання інформація – передбачає проведення моніторингу динаміки соціально-економічного процесу та його чинників з метою отримання поточних статистичних та аналітичних даних, а також ознайомлення з новітнім досвідом і тенденціями в даній галузі;

- цілеспрямування — полягає у встановленні, конкретизації або ідентифікації системи стратегічних і тактичних цілей розвитку досліджуваної соціально-економічної системи чи процесу;

- аналіз – передбачає вивчення та узагальнення отриманої інформації про динаміку соціально-економічних процесів, а також порівняння існуючих тенденцій з відповідними цільовими показниками;

- вимірювання - передбачає створення нової або вдосконалення існуючої системи соціально-економічних показників, які характеризують міру розвитку досліджуваного процесу та методів їх оцінювання;

- діагностика – полягає у підготовці проміжних висновків та узагальнюючого підсумку щодо поточного стану та рівня соціально-економічного розвитку із визначенням позитивних і негативних чинників, які привели до такого стану справ.

Суть прогнозування полягає в розробці та обґрунтуванні можливих варіантів очікуваних змін соціально-економічної ситуації та їхніх наслідків під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників. Цим самим прогнозування завершує підготовчий блок функцій управління соціально-економічними процесами, що передбачає постановку та розв'язок завдань прогнозування у комплексі з усіма попередніми функціями шляхом розробки відповідних технологій їхнього виконання.

З іншого боку, прогнозування є основою для реалізації функцій виконавчого етапу управління соціально-економічними процесами, які мають програмно-управлінський характер:

- програмування - тобто розробка програм соціально-економічного розвитку;

- планування - розробка планів проведення заходів, передбачених програмою;

- регулювання - внесення оперативних змін під час практичної реалізації програми.

## **2. Застосування ідей та принципів системного аналізу до дослідження та прогнозування соціально-економічних систем.**

Узагальнюючи основні теоретичні концепції, що висуваються в рамках загальної теорії систем, можна окреслити низку основоположних принципів проведення системного аналізу:

1. необхідною умовою існування діючої системи є наявність зв'язків між окремими системними одиницями, що дозволяє цим одиницям за наявності певних умов взаємодіяти між собою. З цього

положення впливає, що система є деяким складним по внутрішній будові цілим, яке неможливо розділити на повністю незалежні елементи;

2. властивості системи в цілому відрізняються від властивостей її окремих елементів, але визначаються цими властивостями;

3. система як єдине ціле може впливати на властивості та позиції окремих елементів, змінюючи їхній розвиток в певному напрямі;

4. істотна зміна властивостей ряду системних елементів може призвести до якісної зміни всієї системи. Результатом такої якісної зміни може бути або регрес - спрощення внутрішньої структури, або поява системи більш високого рівня, тобто ускладнення структури системних одиниць;

5. будь-яка система створює межі відносно власних системних одиниць, відділяючись, таким чином, від зовнішнього оточення;

6. у відносинах системи і зовнішнього оточення діє принцип ентропії, відповідно до якого система прагне вирівняти свій стан (енергія, ресурси і т.д.) із зовнішнім оточенням;

7. будь-яка система ієрархічна, тобто в ній існують системні одиниці різних рівнів. При цьому неможливо говорити про систему найвищого рівня і систему гранично малого рівня, оскільки межа поділу системи є відносною.

Для дослідження складних систем, до яких належать соціально-економічні, необхідним є застосування процедур аналізу та синтезу. Процедури системного аналізу, які можуть ефективно застосовуватись в дослідженні соціально-економічних систем:

1. Визначення меж досліджуваної системи (в деякій мірі межі є умовними і обумовлюються конкретними завданнями дослідження).
2. Визначення надсистем, в які входить досліджувана система як частина.
3. Визначення основних рис та напрямів розвитку надсистем, до яких належить дана система, зокрема формулювання їх цілей та суперечностей між ними.
4. Визначення ролі досліджуваної системи в кожній надсистемі і розгляд цієї ролі як засобу досягнення цілей надсистеми.

При цьому варто розглянути:

- ідеалізовану, очікувану роль системи з погляду надсистеми, тобто ті функції, які треба було б виконувати, щоб реалізувати цілі надсистеми;
- реальну роль системи в досягненні цілей надсистеми.



5. Виявлення складу системи, тобто визначення частин, з яких вона складається (встановлення межі поділу).
6. Визначення структури системи, що являє собою сукупність зв'язків між її компонентами.
7. Визначення функцій компонентів системи, тобто цілеспрямованих дій елементів, їх “внеску” в реалізацію загальної мети системи.
8. Виявлення причин, що поєднують окремі частини в систему, у цілісність (з'ясування сутності системотвірного фактора).
9. Визначення всіх наявних зовнішніх зв'язків, комунікацій системи з зовнішнім середовищем.
10. Дослідження системи в динаміці (ретроспективі).

В процесі проведення аналізу соціально-економічної системи бажаним є знання скоріше самого переліку процедур, ніж їх послідовності. Єдине обов'язкове правило полягає в доцільності багаторазового повернення в ході дослідження до кожної з описаних процедур.

### **3. Система соціально-економічного прогнозування та принципи її реалізації**

Система соціально-економічного прогнозування – це єдність методології, організації та розробки соціально-економічних прогнозів при забезпеченості їх узгодженості, послідовності та неперервності. Вона вимагає:

- встановлення та чіткого формулювання конкретної мети;
- розгляду всієї проблеми прогнозування як цілого, як єдиної системи, виявлення всіх наслідків та взаємозв'язків кожного часткового прогнозу;
- щоб мета кожної підсистеми прогнозування не суперечила меті всієї системи прогнозування;
- виявлення в об'єкті прогнозування взаємозв'язків між складовими частинами;
- реалізація задач прогнозування з позиції «чорного ящика»

Принципи реалізації системи соціально-економічного прогнозування:

1. принцип єдності економіки і політики (система прогнозування повинна діяти відповідно до загальнодержавних інтересів);
2. принцип системності (повинен бути взаємозв'язок між прогнозами різних рівнів ієрархії об'єкта прогнозування та зовнішнього середовища);

3. принцип наукової обґрунтованості;
4. принцип адекватності;
5. принцип альтернативності (можливість проведення аналізу за різними напрямками);
6. принцип неперервності (корегування прогнозів при надходженні нової інформації);
7. принцип узгодженості (необхідність узгодження пошукових та функціональних прогнозів);
8. принцип оптимізації (співвідношення точності прогнозу та витрат на його розробку).

В системі соціально-економічних прогнозів найважливішими є прогнози споживчого попиту населення, рівня і способу життя, соціально-економічних потреб населення, соціального складу суспільства тощо. У структурному плані такий комплекс прогнозів демонструє рис. 2.2

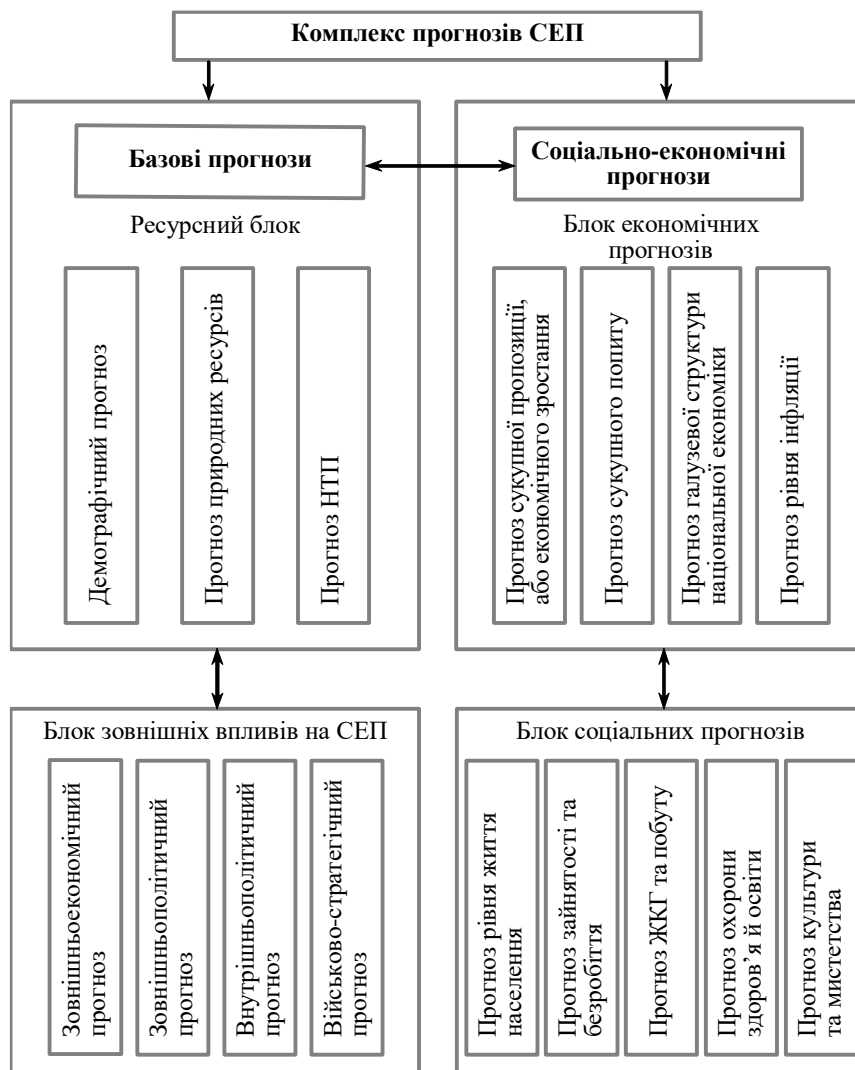


Рис. 2.2 Структура системи соціально-економічного прогнозування

#### **4. Прогнозні документи економічного та соціального розвитку.**

Прогнозні документи економічного та соціального розвитку розробляються на основі комплексного аналізу демографічної ситуації, стану використання природного, виробничого, науково-технічного та трудового потенціалу, конкурентоспроможності вітчизняної економіки, оцінки досягнутого рівня розвитку економіки і соціальної сфери та з урахуванням впливу зовнішніх політичних, економічних та інших факторів і очікуваних тенденцій зміни впливу цих факторів у перспективі.

Система прогнозних і програмних документів економічного і соціального розвитку складається з:

- прогнозів економічного і соціального розвитку України на середньо- та короткостроковий періоди;
- Державної програми економічного і соціального розвитку України на короткостроковий період;
- прогнозів економічного і соціального розвитку АР Крим, областей, районів та міст на середньостроковий період;
- програм економічного і соціального розвитку АР Крим, областей, районів та міст на короткостроковий період;
- прогнозів розвитку окремих галузей економіки на середньостроковий період;
- програм розвитку окремих галузей економіки.

В разі необхідності, прогнозні та програмні документи економічного та соціального розвитку можуть розроблятися на більш тривалий період.

Державний прогноз економічного і соціального розвитку України – це система кількісних показників та якісних характеристик розвитку макроекономічної ситуації в країні на визначений період, що охоплює формування структури економіки та соціальної інфраструктури, обсягів виробництва товарів і послуг та їх споживання, зовнішньоекономічної діяльності. Прогнозні параметри визначають з урахуванням результатів аналізу економічного і соціального розвитку України за попередній період та припущень щодо зовнішньої економічної ситуації і внутрішньої економічної політики в перспективі.

Державні прогнози економічного і соціального розвитку розробляють на довго-, середньо- та короткострокові періоди в цілому

по Україні, регіонах та галузях економіки. Їх використовують для прийняття органами законодавчої та виконавчої влади конкретних рішень у сфері економічної політики, зокрема, для розробки загальнодержавних, регіональних, галузевих програм.

Довготерміновий державний прогноз економічного і соціального розвитку України розробляють на 10-15 років, однак уточнюють кожні 5 років. В його структурі можна виділити:

- припущення щодо зовнішньої економічної ситуації та внутрішньої економічної політики;
- аналіз економічного і соціального розвитку країни за минулі роки, прогнозні макроекономічні показники (ВВП, рівень інфляції, реальна заробітна плата, рівень безробіття, дефіцит бюджету у відсотках до ВВП, зовнішньоторгівельне сальдо, зовнішній борг);
- висновки щодо головних тенденцій розвитку економіки в довготерміновому періоді.

Цей прогноз після схвалення Кабінетом Міністрів України його головних показників є орієнтиром для підготовки пропозицій щодо визначення економічної політики на середньотерміновий період.

Прогноз економічного і соціального розвитку України на середньостроковий період розробляється на 5 років. Інформація прогнозу використовується під час розробки проекту Програми діяльності Кабінету Міністрів України.

В прогнозі економічного і соціального розвитку України на середньостроковий період повинні бути відображені:

- аналіз соціально-економічного розвитку країни за попередній період та характеристика головних проблем розвитку економіки соціальної сфери;
- очікувані зміни зовнішньополітичної та зовнішньоекономічної ситуації та їх вплив на економіку країни;
- оцінка впливу можливих заходів державної політики у прогнозному періоді на розвиток економіки і та соціальної сфери;
- цілі та пріоритети економічного і соціального розвитку у середньостроковому періоді та пропозиції щодо напрямів державної політики у цей період;
- прогноз кон'юнктури на зовнішніх та внутрішніх ринках стратегічно важливих видів товарів та послуг;

- основні макроекономічні та інші необхідні показники і баланси економічного і соціального розвитку, в тому числі у розрізі галузей економіки АР Крим, областей, міст Києва та Севастополя;
- висновки щодо тенденцій розвитку економіки країни протягом середньострокового періоду.

Прогноз економічного і соціального розвитку України на короткостроковий період розробляється щорічно на наступний рік. Показники прогнозу економічного і соціального розвитку України на короткостроковий період використовуються для розробки Державної програми економічного і соціального розвитку України та для оцінки надходжень і формування показників Державного бюджету України.

В прогнозі економічного і соціального розвитку України на короткостроковий період повинні бути відображені:

- аналіз соціально-економічного розвитку країни за минулий та поточний роки та характеристика головних проблем розвитку економіки та соціальної сфери;
- очікувані зміни зовнішньополітичної та зовнішньоекономічної ситуації та їх вплив на економіку держави;
- оцінка впливу можливих заходів державної політики у прогностичному періоді на розвиток економіки і соціальної сфери;
- основні макроекономічні та інші необхідні показники і баланси економічного і соціального розвитку, в тому числі у розрізі галузей економіки АР Крим, областей, міст Києва та Севастополя;
- висновки щодо тенденцій розвитку економіки країни у наступному році.

#### *Питання для самоперевірки*

1. Властивості соціально-економічних систем, які необхідно враховувати в процесі розробки відповідних прогнозів та їх характеристика.
2. Структура соціального та економічного блоків прогнозування.
3. Системний аналіз в прогнозуванні соціально-економічних процесів.
4. Принципи реалізації системи соціально-економічного прогнозування.
5. Структура системи соціально-економічного прогнозування.

6. Прогнозні документи соціального та економічного розвитку: коротко-, середньо- та довгострокового характеру.

### **Тема 3. Інструментарій та методи прогнозування**

#### **1. Інструментарій прогнозування**

#### **2. Розвиток методів прогнозування**

#### **3. Основні ідеї, представлені в методах екстраполяційного та цільового прогнозування**

#### **4. Класифікація методів прогнозування**

#### **1. Інструментарій прогнозування**

Можна виділити наступні основні методи розробки прогнозів:

– анкетування (опитування) – опитування населення, експертів з метою впорядкування оцінок прогнозів;

– екстраполяція та інтерполяція (виявлення проміжного значення між двома відомими моментами процесу) – побудова динамічних рядів розвитку показників прогнозованого явища;

– моделювання – побудова пошукових і нормативних моделей з врахуванням ймовірної чи бажаної зміни прогнозованого явища на період випередження прогнозу. Найбільш ефективна з практичної точки зору прогнозна модель – система одночасних структурних рівнянь. Мають значення всі види моделей у широкому розумінні цього терміна: сценарії, імітації, графи, матриці, добірки показників, графічні зображення тощо.

Поділ способів прогнозування умовний – на практиці вони взаємно перехрещуються і доповнюють один одного. Прогнозна оцінка обов'язково містить у собі елементи екстраполяції та моделювання. Процес екстраполяції неможливий без елементів оцінки і моделювання. Моделювання, в свою чергу, є неможливим без проведення попереднього оцінювання ситуації та екстраполювання.

#### **Етапи розробки прогнозів:**

1) передпрогнозна орієнтація (формування програми дослідження) – аналізуються характер, масштаби, об'єкт, предмет, проблеми і робочі гіпотези, окреслюється мета, методи, структура проведення та організація дослідження;

2) побудова вихідної (базової) моделі прогнозованого об'єкта методами системного аналізу;

3) збір даних прогнозного тла;

4) побудова динамічних рядів показників – основи прогнозних моделей методами екстраполяції;

- 5) побудова серії пошукових моделей об'єкта методами пошукового аналізу профільних і фонових показників;
- 6) побудова серії гіпотетичних нормативних моделей прогнозованого об'єкта;
- 7) оцінка вірогідності і точності, а також обґрунтованості прогнозу;
- 8) розробка рекомендацій щодо прийняття рішень у сфері управління;
- 9) експертне оцінювання прогнозу та рекомендацій, їхнє доопрацювання передача замовнику;
- 10) повторна передпрогнозна орієнтація на основі зіставлення матеріалів уже розробленого прогнозу з новими даними.

## **2. Розвиток методів прогнозування**

**Розвиток кількісних методів.** Перші спроби отримати об'єктивні знання про майбутнє були пов'язані з розробкою і застосуванням методів математики і статистики. В результаті цього було створено цілу групу потужних методів, таких як метод часових рядів, методи регресійного аналізу, як однофакторного, так і багатфакторного, імітаційного моделювання, тобто методи так званого *кількісного прогнозування*, які застосовуються для приблизного "визначення" майбутньої поведінки певної величини або системи взаємопов'язаних змінних на часовому інтервалі.

Однак використання таких методів обмежується лише випадками опрацювання ретроспективних даних кількісного характеру, що монотонно змінюються, або, в окремих ситуаціях, так званих "розмитих" даних. Інакше кажучи, при застосуванні кількісних методів прогнозування відбувається опис майбутнього, яке фактично є продовженням або екстраполяцією минулого. Дана обставина істотно обмежує можливості цих методів.

На даний час виділяють два основних напрями розвитку кількісних методів прогнозування:

1. вивчення причинно-наслідкових механізмів – передбачає з'ясування суті факторів, котрі впливають на результат, характеру впливу факторів на результуючу змінну, моделювання взаємозв'язків та наслідків за умов певних кількісних значень. Використовуючи математико-статистичні методи аналізу, обирають форму аналітичної залежності, яка найкращим чином буде описувати характер причинно-наслідків зв'язків між факторними змінними та результуючою;

2. побудова певних аналітичних залежностей, які дають можливість розрахувати прогноз за результатами аналізу часового ряду

зміни значень досліджуваного показника в минулому, не вивчаючи причин та умов його зміни.

Відповідно, моделі прогнозування, розроблені на основі першого підходу, називаються факторними, а другого – трендовими.

**Проблема передбачення та якісні методи прогнозування.** Проблема полягає в тому, що в світі постійно відбуваються якісно нові події, не властиві минулому. Сюди насамперед належать різного роду зламо- та стрибкоподібні зміни, пов'язані з розривами монотонності процесів і такі, що мають характер істотно нелінійних явищ. Наприклад, на межі ХХ ст. і ХХІ ст. такими явищами були розпад Радянського Союзу і "миттєва" зміна геополітичної рівноваги у світі, бурхливий розвиток інформаційного суспільства та нових технологій.

Тому в сучасних умовах дедалі актуальнішим стає нове завдання – репрезентувати майбутнє, яке не може інтерпретуватися як звичайне продовження минулого, оскільки це майбутнє може набувати принципово відмінних форм і структур, у порівнянні з тим, що було відомо в минулому. Зазначена проблема отримала назву передбачення.

Слід зазначити, що універсальних і завершених підходів до розв'язання вказаної проблеми на сьогодні не існує. Є лише спроби будувати можливі сценарії розвитку тих чи інших явищ у майбутньому. Проте принциповою відмінністю від попередньої практики при розв'язанні таких завдань є те, що методи, які для цього використовуються, по суті мають не кількісний, а якісний характер. Причому окремі з них були відомі вже досить давно як такі, що розроблялися і використовувалися для розв'язання спеціальних, предметно орієнтованих задач. Сьогодні відомими є численні методи якісного характеру, які в тій чи іншій мірі можуть використовуватися на окремих етапах передбачення явищ майбутнього. Однак в повному обсязі жоден з них не розв'язує цієї проблеми. Можна вважати, що передбачення – це процес застосування окремих методів у певній послідовності з встановленням чітко визначених взаємозв'язків між ними. Цей процес формується з допомогою більш універсальної методології, відомої як системний аналіз.

### **3. Основні ідеї, представлені в методах екстраполяційного та цільового прогнозування**

**Підходи до екстраполяційного прогнозування.** В екстраполяційному прогнозуванні виділяються методи якісного та кількісного прогнозування.

*Методи якісного екстраполяційного прогнозування:*



1) метод добудови ізольованого еволюційного ряду (відшукування такої форми, яка могла б стати продовженням цього ряду в процесі розвитку; можливі два основні способи добудови:

– вибір "перспективних" форм з числа нових, які недавно виникли;

– вибір придатних форм з числа теоретично можливих);

2) метод історичної аналогії (зіставлення двох аналогічних еволюційних рядів, між якими є зсув у часі; так можуть порівнюватися дві країни, з яких одна в тому чи іншому вимірі випереджає іншу; один з порівнювальних рядів називається випереджувальним, а інший – лаговим рядом);

3) метод добудованої аналогії (зіставлення двох еволюційних рядів, коли випереджувальний ряд продовжений методом добудови ізольованого еволюційного ряду);

4) метод провідної еволюційної форми (зіставлення кількох еволюційних рядів, коли добудова одного полегшує добудову решти);

5) метод багатокомпонентної добудови (добудова великої кількості "паралельних" еволюційних рядів, тобто рядів, які відповідають одним і тим же періодам або моментам часу).

*Методи кількісного прогнозування:*

1) ізольована динамічна екстраполяція (математична екстраполяція рівняння динаміки, знайденого з допомогою статистичної обробки динамічного ряду;

залежно від того, наскільки точно відоме рівняння динаміки, розрізняють:

а) псевдоекстраполяцію – розрахунок для майбутнього моменту часу, коли вид математичної функції задається приблизно або довільно;

б) екстраполяцію, коли чітко відомий вид математичної функції, що лежить в основі рівняння динаміки, і параметри формули визначені з достатньою точністю);

2) метод часового лагу (прогнозування на основі двох кривих динаміки: перша крива називається випереджувальною, друга – лаговою; тут обов'язково присутня ізольована екстраполяція, необхідна для визначення величини зсуву в часі та коефіцієнта зв'язку між випереджувальною і лаговою кривими);

3) метод екстрапольованої кривої випередження (об'єднання методу часового лагу з ізольованою екстраполяцією випередження кривої);

4) метод опорного показника (базується на ізольованій екстраполяції одного опорного показника і розрахунках двох або більше інших показників на основі певного рівняння зв'язку);

5) метод багатокомпонентної екстраполяції (ізольована екстраполяція великого числа показників і подальше підсумовування або інше математичне перетворення екстрапольованих значень; такий метод використовується в демографії, коли для прогнозування чисельності населення країни здійснюється ізольована екстраполяція кривих динаміки окремих регіонів і результати підсумовуються).

**Підходи до цільового прогнозування.** Елементарний метод цільового прогнозування, який поки що не має загальноприйнятої назви – *метод ізольованої генерації ідей*. Це такий спосіб наукової творчості, коли при розв'язанні однієї проблеми використовуються всі відомі наукові результати і навіть ті, які поки що строго не обґрунтовані, але й не суперечать науковим законам. Прогнозування, в основі якого лежить неодноразове використання методу ізольованої генерації ідей, називають *методом системної генерації ідей*. Обидва методи розрізняються лише особливостями організації індивідуальної чи колективної експертної оцінки. Слід розрізнити також два види експертних оцінок – *екстраполяційні*, коли експерт інтуїтивно продовжує наявні тенденції, і *генераційні* (творчі, креативні), коли винаходять новий спосіб розв'язання проблеми та оцінюється необхідний для цього час.

В цільових прогнозах неминучі багатоваріантність і невизначеність, усунення яких досягається плануванням. Методи планування утворюють окрему групу методів:

1) метод прямого рахунку (план виявляється результатом прийняття певного технічного, економічного і соціально-політичного рішення; план відіграє роль прогнозу, з якого узято один варіант і усунуто невизначеність параметрів на основі конкретного припущення про зовнішні умови);

2) нормативний метод планування (приймаються два рішення: про вибір еталона (норми), друге – уточнення до нього з урахуванням конкретних умов);

3) метод прогресивних планових нормативів (приймаються три рішення про вибір еталона (нормативу), конкретні умови і коригування норм у бажаному напрямку);

4) метод генеральної лінії (приймаються чотири або більше рішень: три такі ж, як і в попередньому випадку, четверте – про визначення ступеня важливості різних напрямків і об'єктів планування);

5) метод координації або балансування (приймається багато рішень для усунення можливих протиріч і складається план, у якому детально узгоджені цілі й засоби з усіх напрямків і на всіх етапах

діяльності; основним прийомом координації і погодження є балансовий метод планування).

#### **4. Класифікація методів прогнозування**

Існує понад 150 методів прогнозування, однак загальноприйнятої класифікації методів прогнозування на даний час ще не існує.

Вся сукупність методів прогнозування може бути представлена двома групами - в залежності від ступеня їхньої однорідності:

- □ прості методи;
- □ комплексні методи.

Група *простих* методів поєднує однорідні за змістом і використовуваним інструментарієм методи прогнозування (наприклад, екстраполяція тенденцій, морфологічний аналіз тощо).

*Комплексні* методи відбивають сукупності, комбінації методів, найчастіше реалізовані спеціальними прогностичними системами (наприклад, методи прогнозного графа, система "Паттерн" і інші).

Крім того, всі методи прогнозування поділені ще на три класи:

- □ фактографічні (кількісні) методи;
- □ експертні (якісні) методи;
- □ комбіновані методи.

В основу їхнього виділення покладений характер інформації, на базі якої складається прогноз:

1) фактографічні (кількісні) методи базуються на фактичному інформаційному матеріалі про минуле і сьогодення розвитку об'єкта прогнозування. Найчастіше застосовуються при пошуковому прогнозуванні для еволюційних процесів;

2) експертні (якісні) методи засновані на використанні знань фахівців-експертів про об'єкт прогнозування та узагальненні їхніх думок про розвиток (поведінку) об'єкта в майбутньому. Експертні методи в більшій мірі відповідають нормативному прогнозуванню стрибкоподібних процесів;

3) комбіновані методи включають методи зі змішаною інформаційною основою, в яких в якості первинної інформації поряд з експертною використовується і фактографічна.

У свою чергу, кожний з перерахованих класів також поділяється на групи і підгрупи. Так, серед фактографічних методів виділяються групи:

- □ статистичних (параметричних) методів;
- □ випереджувальних методів.

Група статистичних методів включає методи, засновані на побудові та аналізі динамічних рядів характеристик (параметрів)

об'єкта прогнозування. Серед них найбільшого поширення отримали екстраполяція, інтерполяція, метод аналогій, параметричний метод.

Група випереджувальних методів складається з методів, заснованих на використанні властивості науково-технічної інформації випереджати реалізацію науково-технічних досягнень. Серед методів цієї групи виділяється публікаційний, заснований на аналізі й оцінці динаміки публікацій.

Серед фактографічних методів прогнозування найважливішими є такі:

- методи однофакторного прогнозування

а) методи прогнозування тренду (експоненціальне згладжування, узагальнене експоненціальне згладжування, гармонічні ваги, спектральні методи, метод ковзної середньої, метод Бокса-Дженкінса, метод скінченних різниць, різницевих рівнянь, сплайн-функції);

б) методи прогнозування випадкової компоненти (метод авторегресії, метод ланцюгів Маркова, імовірнісний метод);

- методи багатфакторного прогнозування

а) методи побудови і аналізу регресивних моделей (адаптивні регресії, регресивні К-моделі);

б) адаптивне згладжування;

в) факторний аналіз;

г) метод групового врахування аргументів, методи імітаційного моделювання, методи багатовимірної фільтрації.

### *Питання для самоперевірки*

1. Методи якісного екстраполяційного прогнозування.
2. Методи кількісного екстраполяційного прогнозування.
3. Характеристика основних підходів до цільового прогнозування.
4. Експертні методи прогнозування.
5. Фактографічні методи прогнозування.
6. Комбіновані методи прогнозування.

## **Тема 4. Методи якісного прогнозування**

- 1. Класифікація та особливості методів якісного прогнозування**
- 2. Характеристика якісних методів прогнозування**

### **1. Класифікація та особливості методів якісного прогнозування**

Якісні (експертні) методи прогнозування застосовуються, як правило, у випадках, коли відсутні будь-які статистичні дані, на яких міг би базуватися кількісний прогноз, наприклад, у випадку, коли підприємство збирається випустити на ринок зовсім новий продукт. Однак, навіть якщо статистична інформація існує, при використанні її для прогнозування можуть виникнути труднощі, які можна розділити на чотири групи:

1) вихідна статистична інформація найчастіше буває недостовірною; проте навіть за наявності вірогідних даних про минуле, вони не завжди можуть служити надійною базою для прийняття планових рішень, спрямованих у майбутнє;

2) частина інформації, необхідна для вибору найкращого варіанта планового рішення, має якісний характер і не піддається кількісним вимірюванням (наприклад, неможливо розробити формулу для прогнозування та оцінювання поведінки людей у тій або іншій ситуації);

3) в момент ухвалення рішення необхідна статистична інформація відсутня, а її отримання вимагає часу або засобів;

4) існує велика група факторів, які впливатимуть на реалізацію планів, Але при підготовці планових рішень їх не можна точно передбачити.

Для застосування кількісних методів прогнозування необхідно проводити дослідницьку роботу і користуватися послугами кваліфікованих статистиків а це може дорого коштувати. Крім того, в умовах динамічного розвитку суспільства, коли відбуваються певні кардинальні зміни (в економіці, соціальній сфері, техніці, технології й інших областях), ефективність застосування кількісних методів для прогнозування і планування, особливо на тривалий період, знижується.

Існує також небезпека, що керівники стануть занадто покладатися на кількісні методи та отримані на їхній основі результати і тому можуть не помітити істотних змін, значення яких міг би оцінити фахівець. В таких умовах особливу роль у передбаченні майбутнього здобуває інтуїція фахівців, яких називають *експертами*.

Методи аналізу й узагальнення суджень і припущень за допомогою експертів називаються *експертними (якісними) або методами експертних оцінок*. Сутність методу експертних оцінок полягає в проведенні експертами інтуїтивного-логічного аналізу проблеми з кількісною оцінкою суджень і формальним опрацюванням результатів. Отримана в результаті узагальнена думка приймається як вирішення проблеми (у даному випадку – прогноз). Центральним етапом експертного прогнозування є проведення опитувань експертів. В залежності від цілей і задач експертизи, змісту і складності проблеми, часу, відведеного на опитування та експертизу в цілому, і припущень щодо їхньої вартості, а також від підбору фахівців, які беруть участь в експертизі, вибирається метод опитувань:

- індивідуальний або груповий (колективний);
- особистий (очний) або заочний (шляхом пересилання анкет);
- усний або письмовий;
- відкритий або прихований.

Індивідуальне опитування дозволяє максимально використовувати здібності і знання кожного фахівця. На відміну від індивідуального, при груповому опитуванні фахівці можуть обмінюватися думками, врахувати упущення колег, коригувати свою оцінку. Обмін думками є зазвичай стимулюючим початком при висуванні і творчій розробці нових ідей. У той же час недоліки такого опитування полягають у сильному впливі авторитетів на думки більшості учасників експертизи, труднощах публічної відмови від своєї точки зору та ряді інших факторів психофізіологічної сумісності.

З цього можна зробити висновок, що методи індивідуального опитування пред'являють більш високі вимоги до експерта порівняно з груповим опитуванням, при якому хибні думки і судження окремих експертів можуть бути "скориговані" при виведенні загальної оцінки всією групою.

Серед методів індивідуального експертного прогнозування варто виділити метод інтерв'ю, аналітичні експертні оцінки (наприклад, у виді доповідної записки), морфологічний аналіз і інші, хоча деякі з них, наприклад, метод генерації ідей, експертних оцінок і інші можуть застосовуватися й у колективному варіанті.

## **2. Характеристика якісних методів прогнозування**

**Метод інтерв'ю** являє собою бесіду організатора прогнозової діяльності з експертом-прогнозистом про майбутній стан системи чи процесу, розвиток яких прогнозується а також оточуючого середовища. Цей метод вимагає від експерта вміння швидко, фактично експромтом, давати якісні відповіді на поставлені запитання. Водночас може проводитися опитування декількох експертів, однак у цьому випадку є небезпека втрати самостійності експертів і, крім того, інтерв'ю створює загрозу перетворитися в дискусію. За змістом (але не за формою) даний метод дуже схожий з методом очного анкетування. *Анкетування* полягає в пред'явленні експертів опитувального листа-анкети, на яку він повинен дати відповідь у письмовій формі (тоді як інтерв'ювання припускає усну відповідь експерта). Анкетування може бути й заочним, якщо безпосереднього контакту експерта з організатором прогнозової діяльності немає.

**Метод аналітичних доповідних записок** передбачає, що експерт-прогнозист виконує самостійно аналітичну роботу з оцінки стану і шляхів розвитку, викладаючи свої міркування письмово. При цьому для виявлення важливості проблем і рішень використовують метод переваг і метод рангів. При використанні *методу переваг* експерт повинен пронумерувати можливі варіанти в порядку зростання пріоритету, поставивши 1 найважливішому критерію, 2 – менш важливому і т.д. При застосуванні *методу рангів* експертів пропонується розмістити варіанти на шкалі, яка має визначене число поділок (наприклад, від 0 до 10). Дозволяється розміщувати варіанти у проміжних точках між поділками, а також на одну поділку шкали можна поставити кілька варіантів.

**Метод "мозкової атаки" ("мозкового штурму")**. Даний метод є найбільш відомим і широко використовуваним методом колективної генерації ідей і творчого вирішення проблем. Він являє собою вільний, неструктурований процес генерування всеможливих ідей щодо поставленої проблеми, які спонтанно пропонуються учасниками. Форми застосування методу "мозкового штурму" можуть бути найрізноманітнішими. Розглянемо два варіанти:

1) *звичайне засідання*. На такому засіданні керівник по черзі запитує кожного учасника засідання і просить назвати проблеми, які негативно впливають на ефективність діяльності підприємства, структурного підрозділу, результативність процесу, стан умов праці чи будь-який інший аспект роботи, виконуваної спільними зусиллями. Кожна зазначена проблема заноситься в список і нумерується. Потім цей список вивіщується для загального використання. Критика або

оцінка ідей не дозволяється. Особливе значення приділяється створенню вільної і творчої обстановки, що дозволяє всім експертам безперешкодно висловлювати свої ідеї та пропозиції. Велике значення має і кількість поданих пропозицій або висловлених ідей. В процесі вироблення пропозицій та ідей повинні брати участь усі. Особлива увага приділяється пропозиціям, зробленим експромтом, оскільки вони часто виявляються найефективнішими. Якщо процес висунення ідей не проходить активно, доцільно завершити засідання і перенести його на інший день. Це сприяє "дозріванню" ідей;

2) *проведення засідання за круговою системою.* Група фахівців ділиться на підгрупи по 3 або 4 чоловіки, кожен з яких записує на аркуші паперу дві-три ідеї. Потім у рамках підгрупи відбувається обмін картками, записані на них ідеї розвиваються іншими учасниками і доповнюються новими. Після трикратного обміну кожна підгрупа складає зведений перелік висунутих ідей. Потім збирається вся група, і на розгляд усіх членів групи подаються звіти про роботу, пророблену в підгрупах.

Проведення такого засідання дозволяє підвищувати активність всіх учасників без додаткового спонукання до висловлення ідей з боку ведучого. Таку форму доцільно використовувати при зниженні активності або коли учасники відволікаються в очікуванні своєї черги. Крім того, вона дозволяє допрацьовувати і вдосконалювати представлені пропозиції та генерувати нові ідеї.

*Визначення пріоритетів при застосуванні методів "мозкового штурму".*

Список ідей, висунутих у результаті "мозкового штурму", зазвичай досить довгий (двадцять і більше ідей). Тому для визначення першочергових завдань рекомендується застосовувати наступний метод. Перелік ідей вивішується перед усіма. Кожна ідея має порядковий номер. Кожен член групи має право на п'ять голосів, якими він може розпорядитися на свій розсуд: по одному голосу за кожен з п'яти ідей, усі п'ять – за одну, два голоси за одну ідею і по одному за кожен з трьох інших тощо. Такий підхід дозволяє кожному члену групи віддати перевагу тим або іншим ідеям. Число можливих голосів може бути й іншим - залежно від кількості висунутих ідей і чисельності групи.

На засіданні групи кожна ідея зачитується під своїм номером. Усі члени групи голосують підняттям рук. Секретар підраховує кількість голосів і ставить загальний підсумок навпроти записаної в переліку ідеї. Після проведення голосування з усіх ідей секретар перевіряє, чи відповідає загальна кількість голосів визначеному числу (наприклад, за



участі шести чоловік із правом на п'ять голосів від кожного загальна кількість голосів дорівнюватиме 30).

Потім проводиться другий тур голосування, в процесі якого розглядаються ідеї, що отримали найменшу кількість голосів. Що вважати найменшою кількістю голосів, визначається групою на основі консенсусу при розгляді розподілених голосів. Наприклад, група вирішує, що тільки ідеї, які набрали три голоси або більше розглядатимуться в другому турі голосування. Такий підхід дозволяє перерозподіляти голоси, подані за інші ідеї (наприклад, за які було подано один або два голоси). Для встановлення чітких пріоритетів процес повторюється стільки разів, скільки необхідно.

Потім проводиться остаточна перевірка, що передбачає з'ясування загальної думки щодо ідеї (конкретного прогнозу), що має найвищий пріоритет. Після визначення першочергового завдання група переходить до розгляду інших пропозицій.

**Метод "мозкової атаки навпаки"** багато в чому нагадує звичайну "мозкову атаку", але при цьому *дозволяється висловлювати критичні зауваження*. Вірніше, не стільки навіть дозволяється, скільки весь метод побудований на тому, щоб всі учасники групи виявили недоліки запропонованих ідей. До проведення таких засідань потрібно ставитися дуже відповідально, щоб учасники дискусії поводитися коректно один до одного. Метод "мозкової атаки навпаки" може дати непогані результати, якщо його задіяти як попередній крок перед використанням інших методів стимулювання творчої активності. Зазвичай в ході "мозкової атаки навпаки" учасники повинні не тільки знайти всі слабкі місця кожної ідеї, але і запропонувати шляхи для усунення недоліків.

**Метод "уявного групового аналізу реальної ситуації"** застосовується при досить великому складі групи (близько 20 чоловік), коли запитання стосуються всієї ситуації (процесу), якій можна дати кількісну оцінку на основі інтуїції чи здорового глузду і коли потрібне групове обговорення або взаємодія.

**Метод складання сценаріїв** – найбільш популярний за останні десятиліття. Термін "сценарій" вперше був використаний у 1960 р. футурологом Х.Каном при розробці картин майбутнього, необхідних для вирішення стратегічних питань у військовій сфері.

*Сценарій* – це опис майбутнього, складений з урахуванням правдоподібних припущень. Для прогнозу ситуації, як правило, характерне існування певної кількості ймовірних варіантів розвитку.

Тому прогноз зазвичай містить у собі кілька сценаріїв. У більшості випадків це три сценарії: оптимістичний, песимістичний і середній – найбільш ймовірний, очікуваний.

*Складання сценарію*, як правило, включає в себе декілька етапів (на прикладі підприємства):

1) *структурування і формулювання проблеми*. Питання, обране для аналізу, потрібно визначити якомога точніше. На даному етапі повинна бути зібрана та проаналізована базова інформація. Поставлене завдання потрібно погоджувати з всіма учасниками проекту. Необхідно висвітлити структурні характеристики і внутрішні проблеми проекту;

2) *визначення та групування сфери впливу*. Для реалізації даного етапу необхідно виділити критичне середовище та оцінити його вплив на майбутнє;

3) *встановлення показників майбутнього розвитку критично важливих факторів середовища підприємства*. Після того як основні сфери впливу виділено, необхідно визначити їхній можливий стан у майбутньому, виходячи з поставлених перед підприємством цілей. Показники майбутнього стану не повинні бути надто благополучними та амбіційними.

Для сфер, розвиток яких може описуватись різними варіантами, майбутній стан повинен бути описаний за допомогою декількох альтернативних показників (наприклад, підприємство влаштовує, щоб податкове навантаження зменшилось на 2, 3 або 5%);

4) *формування і добір погоджених сукупних припущень*. Якщо на попередньому етапі підприємство визначило майбутній стан середовища і його вплив на підприємство, виходячи з власних цілей, то на даному етапі можливий розвиток сфер впливу визначається, виходячи з їхнього нинішнього стану і всіляких змін.

При цьому різні альтернативні припущення щодо майбутнього стану найбільш значущих елементів середовища комбінуються в набори (сукупності). Формування наборів припущень звичайно здійснюється за допомогою комп'ютерних програм. З отриманих наборів відбираються, як правило, три набори.

Відбір проводиться на основі наступних критеріїв:

- високий рівень поєднання припущень, які входять у набір,
- наявність великої кількості значущих змінних,
- висока ймовірність подій, які відносяться до набору припущень;

5) *зіставлення намічених показників майбутнього стану сфер впливу з припущеннями про їхній розвиток*. На даному етапі зіставляються результати третього і четвертого етапів. Підвищені або занижені показники стану середовища коригуються за допомогою даних, отриманих на четвертому етапі.

7) *виявлення наслідків*. На цьому етапі зіставляються стратегічні проблеми підприємства (наприклад, можливість зростання продажу за рахунок більш широкого засвоєння ринку) і відібрані варіанти розвитку середовища. Визначається характер і ступінь впливу тих або інших варіантів розвитку на стратегічні напрямки діяльності підприємства;

8) *вжиття заходів*. У вузькому розумінні цей етап уже не відноситься до аналізу, однак він природно впливає з попередніх.

Сценарії розробляються для визначення рамок майбутнього розвитку:

- □ ринкових сегментів;
- □ технологій;
- країн або регіонів тощо.

Загалом сценарій розробляється для довгострокового планування. Однак надто довгий інтервал призводить до збільшення невизначеності середовища бізнесу, і для такого сценарію, як правило, характерні низька ймовірність реалізації та значна кількість помилок. Оскільки визначення кількісних параметрів майбутнього утруднене (наприклад, важко визначити сукупне податкове навантаження на підприємство через 5 років), при складанні сценаріїв найчастіше використовуються якісні методи та інтервальні прогнози показників. Хоча сценарій передбачає комплексний підхід для його розробки: крім якісних, можуть використовуватися і кількісні методи – економіко-математичні, моделювання, аналіз перехресного впливу, кореляційний аналіз і інші.

**Метод "дерева цілей"** широко застосовується для прогнозування можливих напрямів розвитку науки, техніки, технологій. Так зване "дерево цілей" тісно погоджує між собою перспективні цілі і конкретні задачі на кожному рівні ієрархії. При цьому ціль вищого порядку відповідає вершині дерева, а нижче на кілька рівнів розташовуються локальні цілі (задачі), за допомогою яких забезпечується досягнення цілей верхнього рівня.

**Матричний метод** широко використовується при плануванні та прогнозуванні. Наприклад, у практиці маркетингу матричний метод застосовується як метод оцінювання позиції підприємства на ринку, що дозволяє приймати рішення щодо вибору однієї з можливих стратегій:

- атаки при сприятливій позиції;
- оборони при середній, невизначеній позиції;
- відступу при несприятливій позиції.

Будується так називана *стратегічна матриця*, або графічна сітка, яка утворена шляхом перетину координат, які представляють величини

двох факторів, що, як правило, характеризують ринкову ситуацію та власні можливості підприємства (конкурентноздатність).

Рішення про поведінку на ринку приймаються на основі того, на яке *поле (квадрант)* матриці, утворене комбінацією дії факторів, за своїми параметрами потрапляє дане підприємство. Мінімальна кількість квадрантів – чотири, хоча в принципі матриця може включати будь-яку кількість квадрантів. Оптимальною кількістю вважають 9–16, оскільки інакше результати важко інтерпретувати. Кількісні оцінки факторів (стратегічних індексів) визначаються експертним шляхом (у балах), залежно від величини та сили дії фактора. Однак для спрощення кількісні оцінки можна замінити еквівалентними якісними, наприклад: гарний, високий (ранг 1), поганий, слабкий (ранг 2).

**Метод "Делфі"** є найбільш формальним із усіх методів експертного прогнозування і найчастіше використовується в технологічному прогнозуванні. За час свого існування він набув значного розвитку, різноманітних інтерпретацій та широкого практичного застосування. Головна ідея полягає в необхідності отримання висновку групи експертів щодо поведінки в майбутньому однієї або кількох характеристик системи, які цікавлять дослідника. Отримані результати використовуються для побудови можливих сценаріїв поведінки досліджуваної системи.

Основні етапи:

1) підбір групи експертів відповідно до характеру і тематики досліджуваної проблеми;

2) формулювання мети, яку передбачається досягти в результаті розв'язання проблеми;

3) розробка опитувальної форми для сформованої групи експертів;

4) опитування експертів згідно з розробленою формою;

5) статистичне опрацювання даних опитування з метою синтезу нових результатів;

6) аналіз кожним експертом отриманих результатів і надання йому можливості врахувати відповіді всієї групи;

7) якщо експерти коригують свої відповіді, після п.6 виконується повторне опрацювання даних згідно з п.5;

8) пункти 5–7 виконуються до тих пір, поки експерти не перестануть коригувати свої відповіді. Отриманий після цього результат вважається *консенсусним*. Іноді після багаторазового виконання п.5-7 у відповідях експертів не досягається стабільність. Це вказує на відсутність розв'язку сформульованої проблеми або на не зовсім вдалий підбір експертів;

9) консенсусне рішення експерти аналізують для інтерпретації та розробки сценаріїв розвитку досліджуваної системи.

При розв'язанні реальних задач технологічного передбачення не достатньо одного методу, потрібно використовувати різні методи якісного аналізу в одній процедурі. Це необхідно робити з урахуванням недоліків і переваг кожного методу, особливостей досліджуваної системи стосовно взаємозв'язків між її внутрішніми елементами, характеру інформації, що циркулює в системі (кількісної і якісної), суперечливості критеріїв, на множині яких розв'язується задача міри невизначеності інформації та інших аспектів. Розв'язання проблем такого типу можливе лише на основі застосування *системного підходу*, коли враховується вся сукупність зазначених властивостей і характеристик досліджуваних систем, як і особливостей методів та процедур, що використовуються для їх створення.

#### *Питання для самоперевірки*

1. Класифікація методів якісного прогнозування.
2. Яка область застосування експертних оцінок?
3. Які переваги й недоліки методів колективних і індивідуальних експертних оцінок?
4. Які роботи проводять на етапі підготовки експертної оцінки?
5. Сильні і слабкі сторони сторони основних якісних методів прогнозування.

## **Тема 5. Аналіз часових рядів**

**1. Інформаційне представлення динаміки розвитку соціально-економічних процесів**

**2. Ідентифікація часових рядів. Метод перевірки різниць середніх рядів. Метод Фостера-Стюарта.**

**3. Прогнозування тенденції часового ряду за середніми характеристиками.**

**1. Інформаційне представлення динаміки розвитку соціально-економічних процесів**

Як показує практика, розвиток соціально-економічних процесів найчастіше відображається у вигляді ряду послідовних, розташованих у хронологічному порядку значень того чи того показника.

*Динамічний ряд* — це сукупність спостережень одного показника, впорядкованих залежно від значень іншого показника, що послідовно зростають або спадають.

*Часовий ряд* — це ряд динаміки, впорядкований за часом, або сукупність спостережень економічної величини в різні моменти часу.

Теоретично вимірювання можна реєструвати безперервно, але найчастіше їх проводять через однакові проміжки часу, тобто дискретно, і нумерують за елементами вибірки. Складовими ряду спостережень є числові значення показника, які називають рівнями ряду, та моменти або інтервали часу, до яких належать рівні.

Часові ряди класифікують за наступними критеріями:

- за часом (моментні та інтервальні);
- за формою представлення рівнів ряду (ряди абсолютних, відносних, середніх величин);

- за проміжками часу між реєстрацією сусідніх рівнів ряду (рівні та нерівні);
- за змістом (з індивідуальних та агрегованих показників).

Аналіз часових рядів, як правило, передбачає проведення наступних робіт:

- 1) графічне представлення і проведення попереднього аналізу поведінки часового ряду;
- 2) ідентифікація закономірних складових ряду (тренду, сезонних та циклічних компонент);
- 3) ідентифікація низько- та високочастотних складових (фільтрація);
- 4) дослідження випадкової складової часового ряду;
- 5) побудова і перевірка адекватності моделі випадкової складової;
- 6) побудова загальної моделі досліджуваного ряду;
- 7) дослідження отриманої моделі і прогнозування майбутньої поведінки об'єкту, що вивчається;
- 8) вивчення взаємодії між різними часовими рядами, що характеризують певну систему або процес.

В процесі дослідження часових рядів застосовують такі основні методи:

1. кореляційний аналіз, який дає змогу виявляти істотні періодичні залежності та їх лаги всередині певного процесу або між декількома процесами;
2. спектральний аналіз, який застосовують для знаходження періодичних та квазіперіодичних компонент часового ряду;
3. методи згладжування і фільтрації, призначені для перетворення часових рядів з метою видалення з них високочастотних та сезонних коливань;
4. методи авторегресії та плинних середніх, які використовують для опису та прогнозування процесів, що характеризуються випадковими коливаннями навколо певного середнього значення;
5. методи прогнозування, що дають можливість на основі обраної моделі часового ряду оцінювати його найбільш імовірні значення у майбутньому.

*Основні характеристики динаміки розвитку соціально-економічних процесів.* Для проведення аналізу соціально-економічних показників абсолютні рівні моментальних або інтервальних часових рядів, а також рівні середніх величин рекомендується перетворювати на відносні величини (таб. 5.1).

*Таблиця 5.1 Показники динаміки часового ряду*

Характеристики	Розрахункові формули
----------------	----------------------

1. Абсолютний приріст	$\Delta y_i = y_i - y_{i-k}$
2. Коефіцієнт зростання	$K_{i(зр)} = \frac{y_i}{y_{i-k}}$
3. Коефіцієнт приросту	$K_{i(нр)} = \frac{y_i - y_{i-k}}{y_{i-k}}$
4. Темп зростання	$T_{i(зр)} = \frac{y_i}{y_{i-k}} \cdot 100\% = K_{i(зр)} \cdot 100\%$
5. Темп приросту	$T_{i(нр)} = T_{i(зр)} - 100\%$ , або $T_{i(нр)} = \frac{y_i - y_{i-k}}{y_{i-k}} \cdot 100\%$
6. Середня арифметична	$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$
7. Середня хронологічна	$\bar{y} = \frac{\sum y_i t}{\sum t}$
8. Середній абсолютний приріст	$\overline{\Delta y}_k = \frac{y_i - y_{i-k}}{k}$
9. Середній темп зростання	$\bar{T}(зр) = n-1 \sqrt[n]{\frac{y_n}{y_1}}$
10. Середній темп приросту	$\bar{T}(нр) = \bar{T}(зр) - 100\%$

Для того, щоб результати аналізу часового ряду відображали об'єктивні закономірності зміни значень економічних показників, необхідно, щоб рівні цього ряду були порівнянними, однорідними та стійкими, а також мали достатню сукупність спостережень.

*Порівнянність* означає, що рівні часових рядів повинні мати однакові одиниці вимірювання, однакову періодичність обліку окремих спостережень, однаковий ступінь агрегування, обчислюватися за тією самою методикою.

*Однорідність* означає відсутність нетипових, аномальних спостережень, а також викривлень тенденції. Під *аномальним рівнем* розуміють окреме значення рівня часового ряду, яке суттєво відрізняється від тенденції розвитку системи, що вивчається, і яке, залишаючись рівнем ряду, чинить суттєвий вплив на значення основних характеристик часового ряду. Формально аномальність виявляється як несподіваний стрибок (або спад) із подальшим поступовим встановленням попереднього рівня. Аномальність призводить до зміщення оцінок і до спотворення результатів аналізу. Серед причин аномальних спостережень окремо розглядають:



- помилки першого роду (так звані технічні помилки), котрі пояснюються похибками вимірювання, проведенням операцій агрегування та дезагрегування показників, під час передання інформації та з інших технічних причин. Помилки першого роду слід виявляти та виправляти;

- помилки другого роду, котрі проявляються в тому, що значення показників відображають об'єктивний розвиток процесу, але істотно відхиляються від загальної тенденції розвитку процесу. Причиною виникнення помилок другого порядку найчастіше є зміна методики обчислення показників. Як правило, ці помилки зустрічаються значно рідше, аніж помилки першого порядку, і не підлягають усуненню через відсутність відповідного методичного забезпечення перерахунку, зміни в порядку та обсягах подання статистичної інформації, низьку економічну рентабельність від проведення такої роботи.

Для виявлення аномальних рівнів часових рядів використовують метод Ірвіна. Метод Ірвіна ґрунтується на порівнянні сусідніх значень ряду та розрахунку характеристики  $\lambda_t$ :

$$\lambda_t = \frac{|y_t - y_{t-1}|}{\hat{\sigma}_y}; t = 2, 3, \dots, n,$$

де  $\hat{\sigma}_y$  — оцінка середньоквадратичного відхилення вибіркового ряду  $y_t$ , яка розраховується з використанням формул:

$$\hat{\sigma}_y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}{n}}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n}.$$

Розрахункові значення  $\lambda_2, \lambda_3$  тощо порівнюють із критичним значенням  $\lambda_\alpha$ , і якщо вони не перевищують критичне, то відповідні рівні  $y_t$  вважаються нормальними. Критичні значення для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  (помилка 5 %) наведено в табл. 5.2

Таблиця 5.2 Критичні значення  $\lambda_\alpha$

$n$	2	3	10	20	30	50	100
$\lambda_\alpha$	2,8	2,3	1,6	1,3	1,2	1,1	1,0

Стійкість часового ряду відбиває перевагу закономірності над випадковістю у зміні рівнів ряду. На графіках стійких часових рядів унаочнюється закономірність, а на графіках несталих рядів зміни послідовних рівнів постають хаотичними, тобто пошук закономірностей формування значень рівнів таких рядів марний.

Достатня сукупність спостережень насамперед характеризує повноту даних. Достатня кількість спостережень визначається залежно від мети дослідження динаміки.

## 2. Ідентифікація часових рядів

Як правило, спочатку з'ясовують, із яким процесом доведеться працювати — стаціонарним чи нестаціонарним. Для будь-якого нестаціонарного ряду важливо визначити ознаку його нестаціонарності: чи описується він детермінованим трендом, чи є інтегрованим процесом і описується стохастичним трендом (лінійним або нелінійним), визначити наявність періодичної складової.

*Перевірка стаціонарності часового ряду.* Стаціонарні часові ряди передбачають, що процес породження наявних даних є лінійним. Вони не мають тренду або періодичної зміни середнього та дисперсії.

Перевірка гіпотез стосовно сталості середнього значення та дисперсії часового ряду проводиться за допомогою методу перевірки різниць середніх рівнів та методу Фостера-Стюарта.

**Метод перевірки різниць середніх рівнів.** Реалізація цього методу передбачає виконання наступних дій:

1. Вхідний часовий ряд  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$  розподіляють на дві приблизно однакові за кількістю спостережень частини: в першій частині  $n_1$  першої половини рівнів вхідного ряду, у другій — решта рівнів  $n_2$  ( $n_1 + n_2 = n$ ).

2. Для кожної з цих частин розраховують середні значення й дисперсії:

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum_{t=1}^{n_1} y_t}{n_1}; \quad \hat{\sigma}_1^2 = \frac{\sum_{t=1}^{n_1} (y_t - \bar{y}_1)^2}{(n_1 - 1)}; \quad \bar{y}_2 = \frac{\sum_{t=1}^{n_2} y_t}{n_2}; \quad \hat{\sigma}_2^2 = \frac{\sum_{t=1}^{n_2} (y_t - \bar{y}_2)^2}{(n_2 - 1)}$$

3. Перевірка рівності (однорідності) дисперсій обох частин ряду за допомогою  $F$ -критерію, що порівнює розрахункове значення цього критерію:

$$F = \begin{cases} \frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2}, & \text{якщо } \hat{\sigma}_1^2 > \hat{\sigma}_2^2 \\ \frac{\hat{\sigma}_2^2}{\hat{\sigma}_1^2}, & \text{якщо } \hat{\sigma}_1^2 < \hat{\sigma}_2^2 \end{cases}$$

з табличним (критичним) значенням критерію Фішера  $F_\alpha$  із заданим рівнем значущості  $\alpha$ . Якщо розрахункове значення  $F$  менше за табличне  $F_\alpha$ , то гіпотезу про рівність дисперсій приймають, і можна переходити до четвертого кроку. Якщо  $F$  більше або дорівнює  $F_\alpha$ ,

гіпотезу про рівність дисперсій відхиляють і доходять висновку, що цей метод не дає відповіді щодо наявності тренду.

4. Перевірка гіпотези про відсутність тренду за допомогою  $t$ -критерію Стьюдента. Для цього визначають розрахункове значення критерію Стьюдента за формулою:

$$t = \frac{|\bar{y}_1 - \bar{y}_2|}{\hat{\sigma} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}},$$

де  $\hat{\sigma}$  — оцінка середньоквадратичного відхилення різниць середніх:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\hat{\sigma}_1^2 + (n_2 - 1)\hat{\sigma}_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}.$$

Якщо розрахункове значення  $t$  менше за табличне  $t_\alpha$ , то нульову гіпотезу не відхиляють, тобто тренд відсутній, інакше — тренд має місце. Табличне значення  $t_\alpha$  приймають для числа ступенів вільності, яке дорівнює  $n_1 + n_2 - 2$ . Недолік методу полягає у неможливості правильно визначити існування тренду в тому разі, коли часовий ряд містить точку зміни тенденції у середині ряду. Метод дозволяє отримати адекватні дані тільки для рядів із монотонною тенденцією.

**Метод Фостера-Стюарта.** Цей метод має більші можливості та дає надійніші результати, ніж попередній. Окрім тренду самого ряду (тренду в середньому), він дає змогу встановити існування тренду дисперсії часового ряду: якщо тренду дисперсії немає, то розкид рівнів ряду постійний; якщо дисперсія збільшується, то ряд «розхитується», якщо ж дисперсія зменшується, то ряд «звужується».

Реалізація методу Фостера-Стюарта передбачає виконання наступних дій:

1. Порівняння кожного рівня вхідного часового ряду, починаючи з другого спостереження, з усіма попередніми, при цьому визначаються дві числові послідовності:

$$k_t = \begin{cases} 1, & \text{якщо } u_t \text{ більше всіх попередніх рівнів} \\ 0, & \text{в іншому разі} \end{cases}$$

$$l_t = \begin{cases} 1, & \text{якщо } u_t \text{ менше всіх попередніх рівнів} \\ 0, & \text{в іншому разі} \end{cases}$$

$$t = 2, 3, \dots, n.$$

## 2. Розрахунок величин $c$ і $d$ :

$$c = \sum_{t=2}^n (k_t + l_t) \quad d = \sum_{t=2}^n (k_t - l_t)$$

Величина  $c$ , яка характеризує зміну рівнів часового ряду, набуває значення від 0 (усі рівні ряду однакові) до  $n - 1$  (ряд монотонний). Величина  $d$  характеризує зміну дисперсії часового ряду та змінюється від  $[-(n - 1)]$  — ряд поступово згасає, до  $(n - 1)$  — ряд поступово розхитується.

3. Перевірка гіпотези стосовно того, чи можна вважати випадковими:

а) відхилення величини  $c$  від математичного сподівання ряду, в якому рівні розташовані випадково;

б) відхилення величини  $d$  від нуля. Цю перевірку здійснюють на підставі обчислення  $t$ -відношення відповідно для середньої та для дисперсії:

$$t_c = \frac{|c - \hat{\mu}|}{\hat{\sigma}_1} ; \hat{\sigma}_1 = \sqrt{2 \ln n - 3,4253} ;$$
$$t_d = \frac{|d - 0|}{\hat{\sigma}_2} ; \hat{\sigma}_2 = \sqrt{2 \ln n - 0,8456} ;$$

де  $\hat{\mu}$  — оцінка математичного сподівання ряду;

$\hat{\sigma}_1$  — оцінка середньоквадратичного відхилення для величини  $c$ ;

$\hat{\sigma}_2$  — оцінка середньоквадратичного відхилення для величини  $d$ .

4. Розраховані значення  $t_c$  і  $t_d$  порівнюються із табличним значенням  $t$ -критерію із заданим рівнем значимості  $t_{\alpha/2}$ . Якщо розрахункове значення  $t$  менше за табличне  $t_{\alpha/2}$ , то гіпотезу про відсутність відповідного тренду приймають, в іншому разі тренд існує. Наприклад, якщо  $t_c$  більше табличного значення  $t_{\alpha/2}$ , а  $t_d$  менше  $t_{\alpha/2}$ , то для заданого часового ряду існує тренд у середньому, а тренду дисперсії рівнів ряду немає.

Розглянуті вище два методи перевірки стаціонарності часового ряду — метод перевірки різниць середніх рівнів і Фостера–Стюарта, дають різні результати щодо існування тренду дисперсії ряду. Якщо їхні висновки виявляються протилежними, перевагу віддають методу Фостера–Стюарта.

## 3. Прогнозування тенденції часового ряду за середніми характеристиками.

Одним з найпростіших способів прогнозування вважається підхід, який визначає прогнозну оцінку від фактично досягнутого рівня за допомогою середнього рівня, середнього приросту, середнього темпу зростання.

*Екстраполяція на основі середнього рівня ряду.* Під час екстраполяції соціально-економічних процесів на основі середнього рівня ряду прогнозоване значення беруть як середнє арифметичне значення попередніх рівнів ряду, тобто точковий прогноз  $\hat{y}_n(\tau)$ , зроблений у момент часу  $t=n$  на період випередження  $\tau$ , розраховують за формулою:  $\hat{y}_n(\tau) = \bar{y}$ .

Інтервал довіри (надійності) для індивідуального значення прогнозу середньої за невеликої кількості спостережень визначається як

$$\hat{y}_n(\tau) \pm t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_{\bar{y}},$$

де  $t_{\alpha}$  — критичне значення  $t$  — критерію Стюдента із  $n-1$  ступенями свободи й рівнем значущості  $\alpha$ ;

$\hat{\sigma}_{\bar{y}}$  — оцінка середньої квадратичної похибки середнього ( $\hat{\sigma}_{\bar{y}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$ , де  $\hat{\sigma}$  — оцінка середньоквадратичного відхилення спостережень).

Отриманий інтервал надійності враховує невизначеність, приховану в оцінці середньої величини. Загальна дисперсія включає коливання вибіркової середньої та коливання індивідуальних значень навколо середнього і становить величину  $\hat{\sigma}^2 + \frac{\hat{\sigma}^2}{n}$ , а інтервал надійності для прогнозованої оцінки ряду дорівнює:

$$\hat{y}_n(\tau) \pm t_{\alpha/2} \hat{\sigma} \sqrt{1 + \frac{1}{n}}.$$

*Екстраполяцію за середнім абсолютним приростом* можна бути виконати в тому разі, коли загальна тенденція розвитку вважається лінійною. Прогнозну оцінку  $\hat{y}_n(\tau)$  одержують за формулою:

$$\hat{y}_n(\tau) = y_n + \tau \cdot \bar{\Delta y},$$

де  $\bar{\Delta y}$  — середній абсолютний приріст.

*Екстраполяцію за середнім темпом зростання* можна проводити в тому випадку, коли є підстави вважати, що загальна тенденція динамічного ряду характеризується експоненціальною кривою. Прогноз  $\hat{y}_n(\tau)$ , зроблений у момент часу  $t=n$  на період випередження  $\tau$ , у цьому разі розраховують за формулою:

$$\hat{y}_n(\tau) = y_n \cdot \bar{T}_{зр}^\tau,$$

де  $\bar{T}_{зр}$  — середній темп зростання, розрахований за середньою геометричною.

Інтервал надійності прогнозу за середнім абсолютним приростом і середнім темпом зростання можна одержати лише тоді, коли ці середні визначаються за допомогою статистичного оцінювання параметрів відповідно лінійної та експоненціальної кривої.

Недоліки методів:

1. всі фактичні спостереження є результатом закономірності та випадковості, отже, виходити тільки з останнього спостереження неправильно;

2. немає можливості оцінити прийнятність та адекватність використання середньої характеристики ряду в кожному конкретному випадку;

3. не завжди можна розрахувати інтервал надійності, до якого потрапляє прогнозована величина, і визначити його ймовірність.

У зв'язку із цим екстраполяцію за середніми характеристиками ряду застосовують лише як орієнтир майбутнього розвитку або якщо неможливо використати інші статистичні методи. Як показує практика, методи екстраполяції за середніми характеристиками доцільно використовувати за невеликих обсягів вибірки.

### *Питання для самоперевірки*

1. Поняття динамічного і часового ряду даних.
2. Аналіз часових рядів та його основні завдання.
3. Методи аналізу часових рядів.
4. Показники динаміки часового ряду.
5. Поняття аномального рівня часового ряду. Причини появи аномальних рівнів ряду.
6. Суть методу Ірвіна та основні задачі, які вирішуються з його допомогою.
7. Методи ідентифікації часових рядів. Метод різниць середніх рівнів та метод Фостера-Стюарта.
8. Характеристика методів прогнозування тенденції часового ряду за середніми характеристиками.
9. Недоліки методів прогнозування тенденції часового ряду за середніми характеристиками.

## **Тема 6. Прогнозування тенденції часового ряду**

- 1. Поняття тренду. Структура трендової моделі.**
- 2. Визначення тренду: методи механічного згладжування ряду.**
- 3. Аналітичні методи згладжування: регресійний аналіз.**
- 4. Методи вибору нелінійної моделі для розрахунку прогнозу.**

### **1. Поняття тренду. Структура трендової моделі.**

Переважає більшість методів прогнозування з використанням часових рядів ґрунтується на ідеї екстраполяції, тобто уявному продовженні на майбутнє тенденції зміни значень досліджуваного показника, яка спостерігалася в минулому до моменту розрахунку прогнозу. При цьому робиться припущення, що фактори, які впливали на результуючий показник в минулому, суттєво не змінять характер свого впливу на період прогнозування. Під тенденцією розуміють деякий загальний характер змін досліджуваного показника, обумовлений внутрішніми взаєзв'язками факторів, які впливають на розвиток процесу.

В процесі дослідження характеру зміни значень деякого показника в часі, виділяють наступні складові:

- *тренд*, який віддзеркалює вплив причинно-наслідкових закономірностей, властивих досліджуваному процесу та обумовлених довгодіючими факторами його природи;

- *сезонна складова*, з допомогою якої враховують можливі повторення впливу деяких тимчасових факторів на результуючу змінну протягом відносно короткого проміжку часу – пори року, місяця, тижня;

- *циклічна складова*, з допомогою якої враховують можливі періодично повторювані умови змін в розвитку досліджуваного процесу;

- випадкова складова, з допомогою якої враховують вплив на результуючу змінну випадкових і неспостережуваних факторів.

Через труднощі в одночасному врахуванні характеру впливу на результат усіх чотирьох компонент, виділяють тільки дві складові: закономірну та випадкову. Закономірна складова об'єднує тренд, сезонну та циклічну компоненти і називається *трендом*. В цьому контексті тренд характеризує природну закономірність зміни значень досліджуваного показника в часі, звільнену від впливу випадкових факторів.

Причиною широкого використання методів екстраполяції тенденції зміни часових рівнів є відсутність іншої інформації, крім дискретних значень самого показника. Іншими словами – інколи стає проблематично, нерентабельно або ж взагалі неможливо зібрати інформацію про значення факторів, які впливають на значення досліджуваного показника протягом тривалого періоду часу.

Використання методів екстраполяції ґрунтується на наступних припущеннях:

1. тенденція зміни в часі кількісної міри досліджуваного показника може бути представлена певною аналітичною залежністю;
2. умови, які визначали тенденцію зміни в минулому, несуттєво зміняться в недалекому майбутньому.

Рівні  $y(t)$  часового ряду доцільно представити у вигляді залежності  $y(t) = f(t) + \varepsilon(t)$ ,

де  $f(t)$  - аналітичне представлення тренда з урахуванням можливих циклічних та сезонних складових;

$\varepsilon(t)$  - міра відхилення наявних експериментальних даних від відповідних аналітичних величин, обумовлена дією випадкових факторів.

Основні види тенденції в часових рядах:

- *тенденція середнього рівня* – відображається, як правило, рівнянням лінії, навколо якої змінюються фактичні рівні досліджуваного явища, тобто  $y(t) = f(t) + \varepsilon(t)$ . Зміст даної функції полягає в тому, що значення тренду в окремі моменти часу є математичними сподіваннями ряду динаміки;
- *тенденція дисперсії* – характеризує тенденцію зміни відхилень між емпіричними рівнями та детермінованою компонентою ряду;



- *тенденція автокореляції* – характеризує зв'язок між окремими рівнями ряду динаміки.

Основні типи трендів:

- лінійний;
- експоненційний;
- параболічний;
- гіперболічний;
- логістичний.

За характером тренду розрізняють лінійний тренд (закономірність зміни середньої в часі має лінійну залежність), сезонний тренд (в зміні середньої наявні певні часові цикли); мішаний сезонно-лінійний тренд (об'єднання раніше розглянутих).

Перед побудовою тренду доцільно перевірити виконання гіпотез, чи дійсно рівні ряду змінюються в часі, чи наявні значення різниць їх величин обумовлені лише дією випадкових факторів. Для цього проводять перевірку гіпотез про зміну середнього, дисперсії, автокореляції.

Основні етапи прогнозування з використанням трендових моделей:

1. попередній аналіз даних (перевірка ряду на стаціонарність);
2. формування набору моделей (відбір декількох, як правило, нелінійних моделей, котрі візуально найкраще описують закономірність розвитку процесу);
3. кількісна оцінка параметрів моделей;
4. перевірка оцінених моделей на адекватність, а параметрів – на статистичну значимість;
5. вибір найкращої моделі (на основі логічного, економічного та математико-статистичного аналізу);
6. розрахунок точкового та інтервальних прогнозів;
7. верифікація прогнозу.

## **2. Визначення тренду: методи механічного згладжування ряду.**

Статистичні методи згладжування часових рядів поділяють на дві групи:

- методи механічного згладжування ряду;
- аналітичне вирівнювання, базоване на кривих зростання.

Суть методів механічного згладжування полягає в тому, що розглядається декілька перших рівнів часового ряду (три, чотири, п'ять чи сім), кількість яких утворює інтервал згладжування. Для них добирається поліном, степінь якого має бути меншим за кількість рівнів, що входять в інтервал згладжування; за допомогою полінома розраховуються нові, вирівняні значення рівнів до середини інтервалу. Далі інтервал згладжування зрушується на один рівень праворуч (або вниз), обчислюється наступне згладжене значення і т. ін.

До методів визначення тренду, і, одночасно методів короткострокового прогнозування відносять метод ковзної середньої та метод експоненційного згладжування.

*Метод ковзної середньої.* Для того щоб однозначно ідентифікувати основну тенденцію ряду (тренд) для подальшого прогнозування процесу, використовуючи ту чи іншу трендову модель, розроблені методи згладжування (вирівнювання) часових рядів, які називають механічним методом визначення тренду.

Спочатку для часового ряду  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$  визначається інтервал згладжування  $m$ , ( $m < n$ ). Якщо потрібно згладити незначні коливання чи аномальні рівні, то інтервал згладжування обирають якомога більшим; інтервал згладжування зменшують, якщо потрібно зберегти дрібні коливання. За інших однакових умов інтервал згладжування рекомендується брати непарним. Для перших  $m$  рівнів часового ряду обчислюється їхнє середнє арифметичне; це буде згладжене значення рівня ряду, яке відповідає середині інтервалу згладжування.

Далі інтервал згладжування зсувається на один рівень праворуч, повторюється обчислення середньої арифметичної і т. д. Для обчислення згладжених рівнів ряду  $\tilde{y}_t$ , використовують формулу:

$$\tilde{y}_t = \frac{\sum_{i=t-p}^{t+p} y_i}{m}, \quad t > p,$$

де  $i$  — порядковий номер рівня ряду;

$p = \frac{m-1}{2}$  (для непарних  $m$ ; для парних  $m$  формула ускладнюється).

Послідовно проводячи такі обчислення, дістанемо  $n - m + 1$  згладжених значень рівнів ряду; при цьому перші та останні  $p$

рівнів ряду втрачаються (не згладжуються) — це є першим недоліком цього методу.

Другим недоліком є те, що він застосовний лише для рядів, котрі мають лінійну тенденцію, тобто адекватно не можуть бути описані за допомогою лінійної функції.

Перший недолік можна нівелювати наступним чином: для нейтралізації впливу аномальних рівнів ряду на рівняння моделі обирається інтервал згладжування  $m=3$  і згладжені рівні розраховують за формулою:

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-1} + y_t + y_{t+1}}{3},$$

причому щоб не втратити перший та останній рівні, їх згладжування проводиться за формулами:  $\bar{y}_1 = \frac{5y_1 + 2y_2 - y_3}{6}$ ,  $\bar{y}_n = \frac{-y_{n-2} + 2y_{n-1} + 5y_n}{6}$ . Таким чином не втрачаються перший та останній елементи вибірки.

*Метод експоненціального згладжування.* Суть методу полягає в тому, що у процедурі знаходження згладжуваного рівня застосовуються значення тільки попередніх рівнів ряду, які беруться з певною вагою. Вага рівня ряду зменшується залежно від того, на скільки віддалений рівень від моменту часу, для якого визначається згладжуване значення. Вага рівнів знижується експоненціально, що залежить від зазначеної величини параметра згладжування  $\alpha$ , значення якого міститься в інтервалі  $0 < \alpha < 1$ .

Якщо для вихідного часового ряду  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$  відповідні згладжені значення рівнів ряду позначити через  $S_t$ ,  $t = 1, 2, \dots, n$ , то процедура експоненціального згладжування проводиться за формулою:

$$S_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1},$$

де  $\alpha$  — параметр для згладжування;  $1 - \alpha$  має назву коефіцієнта дисконтування.

Використовуючи наведені рекурентні співвідношення для всіх рівнів ряду, починаючи з першого, можна дістати таке співвідношення:

$$\begin{aligned} S_t &= \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1} = \alpha y_t + (1 - \alpha) [\alpha y_{t-1} + (1 - \alpha) S_{t-2}] = \\ &= \alpha y_t + \alpha(1 - \alpha) y_{t-1} + (1 - \alpha)^2 \cdot [\alpha y_{t-2} + (1 - \alpha) S_{t-2}] = \\ &= \alpha y_t + \alpha(1 - \alpha) y_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 y_{t-2} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{t-1} y_{t-t} + (1 - \alpha)^t S_0. \end{aligned}$$

де  $S_0$  - величина, яка характеризує вихідні умови.

В підсумку отримаємо:

$$S_t = \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i y_{t-i} + (1-\alpha)^t S_0,$$

тобто згладжене значення  $S_t$  є зваженою середньою всіх попередніх рівнів.

Відповідно до останнього виразу, відносна вага кожного попереднього рівня зменшується по експоненті по мірі його віддалення від моменту. Для якого обчислюється згладжене значення.

У практичних задачах обробки економічних часових рядів рекомендують вибирати параметри згладжування в інтервалі від 0,1 до 0,3. В окремих випадках пропонується визначати величину стосовно  $\alpha$ , виходячи з величини інтервалу згладжування ряду:  $\alpha = \frac{2}{m+1}$ , де  $m$  — інтервал згладжування ряду.

В прикладних задачах прогнозування вихідний параметр  $S_0$  беруть або за значенням першого рівня ряду  $y_1$ , або як середню арифметичну кількох перших членів ряду, наприклад  $y_1, y_2, y_3$ :

$$S_0 = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}.$$

Такий варіант вибору значення  $S_0$  забезпечує добру відповідність загладжуваного й вихідного рядів для перших рівнів. Якщо ж останні згладжені рівні ряду, розраховані цим методом з певним параметром  $\alpha$ , починають різко відрізнятися від відповідних значень вихідного ряду, то необхідно змінити параметр  $\alpha$  на інший.

Перевагою цього методу згладжування є те, що не втрачаються як початкові, так і кінцеві рівні ряду.

### 3. Аналітичні методи згладжування: регресійний аналіз.

До методів аналітичного згладжування відносять регресійний аналіз разом із методом найменших квадратів та його модифікаціями. Виявлення основної тенденції за допомогою одного з аналітичних методів передбачає підбір такої моделі, яка б найкраще описувала наявний фактичний розподіл, оцінювання параметрів такої моделі з подальшою перевіркою як цілої моделі, так і окремих її параметрів за відомими статистичними критеріями. Тому для цих методів важливо обрати оптимальну функцію детермінованого тренду  $v_t$  (кривої зростання), яка згладжує ряд спостережень  $y_t$ .

Оцінювання параметрів кривих зростання проводиться на підставі побудови моделі регресії, в якій пояснювальною змінною є час:

$$y_t = v_t + \varepsilon_t \quad t = 1, 2, \dots, n,$$

де  $v_t$  — функція тренду (як правило, нелінійна модель);  
 $\varepsilon_t$  — неспостережувана випадкова величина.

Для відображення динаміки розвитку економічних процесів існує велика кількість видів кривих зростання. Щоб правильно підібрати найдоцільнішу криву для моделювання й прогнозування економічного явища чи процесу, необхідно знати особливості кожного виду кривих. Криві зростання описують різні тенденції економічних процесів, наприклад, життєвий цикл товару, процес нагромадження капіталу, маркетингові зусилля фірм тощо. В практиці проведення соціально-економічних досліджень вже здобуто певний досвід і розроблено певні типи кривих, які найчастіше використовують в аналізі. До таких кривих належать: поліноміальні, експоненціальні та S-подібні криві зростання.

Основні типи нелінійних моделей, які найчастіше використовуються в макро- і мікроекономічних дослідженнях:

експоненційна	$y_t = \alpha\beta^t$ ;
степенева	$y_t = \alpha t^\beta$ ;
зворотна	$y_t = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{t}$ ;
квадратична	$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$ ;
модифікована експонента	$y_t = \alpha\beta^t + \gamma$ ;
крива Гомперця	$y_t = e^{\alpha\beta^x + \gamma}$ ;
логістична крива	$y_t = \frac{1}{\alpha\beta^t + \gamma}$ .

Експоненційна модель використовується для опису швидкозростаючих або швидкоспадаючих економічних процесів. Найбільш типовим її застосуванням є ситуації, коли аналізується змінна залежної змінної  $y$  з постійним темпом приросту у часі. Використання експоненціальних кривих зростання передбачає, що майбутній розвиток залежить від досягнутого рівня, тобто приріст залежить від значення функції. В практиці проведення соціально-економічних досліджень та розрахунку прогнозів використовують два різновиди експоненціальних кривих: просту експоненту та модифіковану експоненційні моделі.

Нелінійна модель на основі степеневі функції регресії є однією з найпоширеніших у практиці моделей і описує достатньо широкий спектр економічних явищ і процесів, таких як: процес виробництва (виробничі функції), попит на товари різних категорій (криві Енгеля), для опису кривих байдужості та інших.

Сферою застосування зворотних моделей є кількісний опис залежності попиту на блага  $y$  від доходу  $x$  (криві Торнквіста), а також залежності зміни заробітної плати  $y$  від рівня безробіття  $x$  (крива Філіпса).

Квадратична модель в залежності від знаків і значень параметрів моделі може відображати еволюцію – дуже різну на різних проміжках інтервалу зміни незалежної змінної  $t$ : зростання, спад, зростання з наступним спадом, спад з наступним зростанням. Так наприклад, квадратична модель може описувати кількісну залежність між обсягом випуску і середніми або граничними видатками, чи між витратами на рекламу і прибутками.

Модифікована експонента використовується для опису ситуації зміни обсягів реалізації продукції на ринку. З математичної точки зору  $\alpha$ ,  $\beta$  - постійні величини, а  $\gamma$  - константа, яка має назву асимптоти модифікованої експоненційної функції, тобто значення функції необмежено наближаються (знизу) до величини  $\gamma$ . Можуть бути й інші варіанти модифікованої експоненти, але на практиці найчастіше трапляється розглянута вище функція. Наприклад, якщо на ринку з'являється новий товар, поява якого супроводжується широкою рекламою, то спочатку попит на цей товар буде досить великий і швидкість продажу товару буде значною. З часом продаж буде стабілізуватися та дійде до певного рівня насичення. У таких випадках фаза уповільненого зростання відсутня, і найкраще згладжування дасть модифікована експонента.

Модифікована експонента є базовою кривою, на підставі якої за допомогою певних перетворень отримують криву Гомперця та логістичну криву, які використовують частіше.

Поліноміальні криві зростання можна використовувати для апроксимації (наближення) та прогнозування економічних процесів, в яких майбутній розвиток не залежить від досягнутого рівня. Найпростіші поліноміальні моделі мають наступний вигляд:

$$\hat{y}_t = a_0 + a_1 t \text{ (поліном першого ступеня);}$$

$$\hat{y}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \text{ (поліном другого ступеня);}$$

$$\hat{y}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 \text{ (поліном третього ступеня) тощо.}$$

Поліноміальні моделі лінійні за параметрами. Параметри цих моделей (лінійної, квадратичної, полінома третього ступеня) мають такі економічні тлумачення:  $a_1$  — лінійний приріст,  $a_2$  — прискорення зростання,  $a_3$  — характеризує динаміку прискорення зростання.

Для полінома першого ступеня характерний постійний приріст. Якщо перші прирости обчислити для полінома другого ступеня, то вони матимуть лінійну залежність від часу і ряд із перших приростів

на графіку буде представлений прямою лінією. Другі прирости для полінома другого ступеня будуть постійними.

Для полінома третього ступеня перші прирости будуть поліномами другого ступеня, другі прирости будуть лінійною функцією часу, а треті прирости, які обчислюють за формулою , будуть постійними величинами.

Звідси можна відзначити такі властивості поліноміальних кривих зростання:

1. від полінома високого ступеня шляхом розрахунку послідовних різниць (приростів) можна перейти до полінома нижчого порядку;

2. значення приростів для поліномів будь-якого порядку є сталими величинами.

Основне завдання дослідження, як і у випадку простої лінійної регресійної моделі, полягає в розрахунку невідомих параметрів кривих зростання та подальшому проведенні аналізу обраної моделі.

В сучасній практиці економетричного моделювання при необхідності застосування нелінійних моделей практикуються наступні два підходи:

1) замість складної нелінійної функціональної залежності навіть з невеликою кількістю факторів намагаються застосувати лінійну регресійну функцію з великою кількістю факторів;

2) за допомогою математичних перетворень намагаються звести (перетворити) нелінійну функцію на лінійну.

#### **4. Методи вибору нелінійної моделі для розрахунку прогнозу.**

Обрана для розрахунку прогнозу функція тренду має задовольняти наступні умови:

- бути теоретично обґрунтованою;
- мати необхідну і достатню кількість параметрів (виходячи з цілей дослідження);
- параметри функції повинні мати економічне тлумачення;
- оцінені значення тренду мають якомога менше відрізнятися від відповідних фактичних спостережень часового ряду.

Вибір форми кривої для згладжування певною мірою залежить від мети згладжування: інтерполяції або екстраполяції. У першому випадку метою є досягнення найбільшої близькості до фактичних рівнів часового ряду. У другому — виявлення основної закономірності розвитку явища, стосовно якої можна припустити, що в майбутньому вона збережеться.

На практиці під час попереднього аналізу часового ряду обирають, як правило, дві-три криві зростання для подальшого

дослідження та побудови трендової моделі часового ряду В основі вибору виду кривої лежить якісний аналіз сутності економічного явища, зміни якого відображаються часовим рядом, а також результати проведеного кількісного статистичного аналізу наявної інформаційної бази.

**Метод послідовних різниць (Тінтнера).** Даний метод може бути використаний для визначення порядку (ступеня) полінома, з допомогою якого проводиться апроксимація фактичного розподілу за наступних умов:

- рівні часового ряду складаються лише із двох компонент: тренду та випадкової складової;

- форма тренду є досить гладкою для того щоб його можна було згладити поліномом певного ступеня та не мати аномальних рівнів ряду.

Алгоритм методу послідовних різниць.

1. Розраховують різниці (прирости) до  $d$ -го порядку включно:

$$\Delta_t^1 = y_t - y_{t-1};$$

$$\Delta_t^2 = \Delta_t^1 - \Delta_{t-1}^1;$$

.....

$$\Delta_t^d = \Delta_t^{d-1} - \Delta_{t-1}^{d-1}.$$

Для апроксимації економічних процесів зазвичай розраховують різниці до четвертого порядку.

2. Для первинного ряду та для кожного різницевого ряду розраховують дисперсії за такими формулами:

- для вхідного ряду —  $s_0^2 = \frac{\sum_{t=1}^n y_t^2 - \frac{1}{n} (\sum_{t=1}^n y_t)^2}{n-1}$ ;

- для різницевого ряду  $d$ -го порядку ( $d = 1, 2, \dots$ ) —  $s_d^2 = \frac{\sum_{t=d+1}^n (\Delta_t^d)^2}{(n-d)c_{2d}^d}$ ,

де  $C_{2d}^d$  — біноміальний коефіцієнт -  $C_{2d}^d = \frac{(2d)!}{d!(2d-d)!}$

3. Порівнюють значення кожної наступної дисперсії із попередньою, тобто розраховують різниці  $|s_d^2 - s_{d-1}^2|$ , і якщо для будь-якого  $d$  ця величина не перевищує певної наперед заданої додатної величини, тобто порядок величин дисперсій однаковий, то ступінь апроксимаційного полінома має дорівнювати  $d - 1$ .

Необхідно зазначити, що для визначення тренду в часових рядах економічних та соціальних процесів не слід використовувати поліноми дуже великого порядку, оскільки отримані в такий спосіб функції



згладжування відображатимуть випадкові відхилення, а не детерміновану складову, що суперечить поняттю тенденції. Як правило, табличні процесори та спеціалізовані СППР пропонують можливості вибору різних типів поліноміальних моделей. Як правило, чим вищим є ступінь полінома, тим більшим є розрахункове значення коефіцієнта детермінації відповідної моделі, але навіть візуальний огляд такої теоретичної лінії тренда вказує на неможливість її використання в прогностичних цілях.

**Метод характеристик приросту** є універсальним методом попереднього вибору кривих зростання. За цим методом вхідний часовий ряд попередньо згладжують методом простої плинної середньої. Наприклад, для інтервалу згладжування  $m = 3$  згладжені рівні розраховують за формулою:

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-1} + y_t + y_{t+1}}{3},$$

причому щоб не втратити перший та останній рівні, їх згладжують за формулами:

$$\bar{y}_1 = \frac{5y_1 + 2y_2 - y_3}{6}, \quad \bar{y}_n = \frac{-y_{n-2} + 2y_{n-1} + 5y_n}{6}.$$

Далі обчислюють:

- перші середні прирости:  $\bar{\Delta}_t = \frac{\bar{y}_{t+1} - \bar{y}_{t-1}}{2}, t = 2, 3, \dots, l, n - 1;$

- другі середні прирости:  $\bar{\Delta}_t^{(2)} = \frac{\bar{\Delta}_{t+1} - \bar{\Delta}_{t-1}}{2},$

- похідні величини:  $\frac{\bar{\Delta}_t}{y_t}; \log \bar{\Delta}_t; \log \frac{\bar{\Delta}_t}{y_t}; \log \frac{\bar{\Delta}_t}{y_t^2}.$

Відповідно до характеру зміни середніх приростів та похідних показників обирають вид кривої зростання для заданого часового ряду. (Таблиця 6.1)

*Таблиця 6.1. Вибір типу нелінійної моделі за характером зміни значень показників*

Показник	Характер зміни показника з часом	Вид нелінійної моделі
Перший середній приріст $\bar{\Delta}_t$	Майже однаковий	Поліном першого порядку (пряма)
Перший середній при-	Змінюється лінійно	Поліном другого порядку (парабола)

ріст $\bar{\Delta}_t$		
Другий середній приріст $\bar{\Delta}_t^{(2)}$	Змінюється лінійно	Поліном третього порядку (кубічна парабола)
$\frac{\bar{\Delta}_t}{y_t}$	Майже однаковий	Проста експонента
$\log \bar{\Delta}_t$	Змінюється лінійно	Модифікована експонента
$\log \frac{\bar{\Delta}_t}{y_t}$	Змінюється лінійно	Крива Гомперця
$\log \frac{\bar{\Delta}_t}{y_t^2}$	Змінюється лінійно	Логістична крива

Практично, в процесі попереднього відбору, підбирають дві-три нелінійні моделі, котрі здатні в найповнішій мірі описати фактичний розподіл та аналізують їх в контексті можливостей подальшого використання в прогностичних цілях.

#### *Питання для самоперевірки*

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 аналітичних 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.

## Тема 7. Прогнозування на основі факторних моделей.

1. **Поняття факторної прогновної моделі. Види факторних моделей.**
2. **Методи побудови багатофакторних моделей.**
3. **Оцінювання параметрів та дослідження багатофакторних моделей.**
4. **Розрахунок прогнозів на основі факторних моделей.**

### 1. Поняття факторної прогновної моделі. Види факторних моделей.

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

Найпростішими видами факторних моделей є моделі однофакторні: аналіз та прогноз досліджуваного показника проводиться в залежності від одної факторної ознаки.

В загальному вигляді проста лінійна вибіркова регресійна модель запишеться як

$$Y = b_0 + b_1X + \varepsilon ,$$

де  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  - вектор спостережень за залежною змінною;

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  - вектор спостережень за незалежною змінною;

$\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$  - вектор випадкових величин (похибок);

$b_0, b_1$  - оцінки параметрів  $\beta_0, \beta_1$  узагальненої лінійної регресії, які необхідно знайти для того щоб розрахувати прогнозні значення результуючої змінної.

Причини включення випадкової величини до 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 фактора.

Нелінійна факторна економетрична модель – це регресійна модель, яка встановлює нелінійну залежність між економічними показниками, один з яких є залежною (пояснювальною) змінною, а інші – незалежними (пояснюючими) змінними. Тобто криві зростання використовуються для опису нелінійного зв'язку між результуючою та факторною (факторними) ознаками.

Для відображення економічних процесів існує велика кількість видів нелінійних моделей як одно факторних, так і багатofакторних. Щоб правильно підібрати найдоцільнішу криву для моделювання і прогнозування економічного явища, необхідно знати особливості кожного виду нелінійних моделей. Криві зростання описують різні тенденції економічних процесів, наприклад, життєвий цикл товару, процес нагромадження капіталу, маркетингові зусилля фірм тощо. В економічній практиці вже здобуто певний позитивний досвід і розроблено певні типи кривих, які найчастіше використовують у соціально-економічних дослідженнях. До таких кривих належать: степеневі, обернені, поліноміальні, експоненціальні та S-подібні моделі.

На відміну від однофакторної моделі, багатofакторна модель дозволяє одночасно враховувати вплив двох чи більше факторів на рівень і динаміку прогнозованого показника.

В економіці та соціальній сферах, як правило, не існує суворих функціональних залежностей. На рівень економічних та соціальних показників впливає багато факторів – як закономірних, так і випадкових. При цьому деякі фактори не можуть бути виражені кількісно, а про інші просто неможливо отримати інформацію. Природа факторних прогнозних моделей – стохастична. Побудова факторної прогнозної моделі є можливою тільки після проведення відповідного кореляційно-регресійного аналізу.

Багатofакторна модель у вигляді однієї функції (рівняння) має наступний вигляд :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m, \varepsilon),$$

де  $y$  - залежна змінна;

$x_i (i = \overline{1, m})$  - незалежні змінні;

$\varepsilon$  - випадкова (стохастична) складова моделі.

Узагальнену багатофакторну лінійну регресійну модель можна записати наступним чином:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m + \varepsilon ,$$

де  $y$  – залежна змінна;

$x_1, x_2, \dots, x_m$  - незалежні змінні (або фактори);

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$  - параметри моделі, які необхідно оцінити;

$\varepsilon$  - неспостережувана випадкова величина.

Вибіркова лінійна багатофакторна модель має наступний вигляд:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_m x_m + e ,$$

де  $y$  – залежна змінна;

$x_1, x_2, \dots, x_m$  - незалежні змінні (або фактори);

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_m$  - оцінки невідомих параметрів узагальненої моделі;

$e$  - оцінка випадкової величини (помилки).

Кожен з параметрів моделі  $\beta_j, j = \overline{1, m}$  характеризує міру впливу відповідної факторної ознаки  $x_j$  на результуючу ознаку  $y$  за умови, якщо всі решта незалежних змінних залишаються сталими.

Розробка прогнозу на основі факторної 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.

До включених в модель факторів висуваються наступні вимоги:

- фактори, які входять до моделі, повинні знаходитись в причинно-наслідкових зв'язках з досліджуваним показником;
- усі включені в модель фактори повинні бути кількісно вимірювані, оскільки процедура реалізації моделі передбачає дії тільки з кількісними ознаками;
- включені в модель фактори не повинні знаходитись між собою в тісному взаємозв'язку;
- в модель не допускається включення факторів, якщо один з них є складовою частиною другого;
- в модель не можна включати фактори, які в певному сполученні функціонально взаємопов'язані з досліджуваним показником;
- кожен фактор може бути включений в модель тільки однією ознакою – натуральною або вартісною, абсолютною або відносною;
- слід завжди прагнути включати до моделі мінімальну, але достатню кількість факторів;
- в модель по можливості слід включати «первинні фактори», тобто абсолютні величини, які не пройшли додаткової обробки;
- порівнянність та достовірність даних.

## **2. Методи побудови багатфакторних моделей.**

В процесі побудови прогнозної факторної моделі аналітик стоїть перед задачею вибору кількості факторів, які слід включити до моделі:

- якщо ставити задачу побудови моделі максимально корисної для прогнозу – до неї слід включати якомога більше факторів;
- включення до моделі значної кількості факторів спричиняє зростання витрат на її розробку, і, крім того, зростає ймовірність виникнення мультиколінеарності в масиві факторних змінних.

Для вирішення цієї задачі немає єдиноправильної обчислювальної процедури. Існує низка методів побудови багатфакторної прогнозної моделі, найвідомішими з них є:

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.

*Метод усіх можливих регресій (рівнянь)* доцільно використовувати за невеликої кількості факторів, які включаються до моделі. З одного боку, метод дає можливість розглянути і дослідити усі можливі рівняння, а з іншого – вимагає значних витрат часу, навіть з

використанням сучасних СППР. Суть методу полягає в розрахунку регресійних моделей, які містять всі можливі комбінації впливових факторів. Якщо розглядається  $k$  факторів, то досліджується  $2^k$  регресійні моделі, котрі порівнюються між собою за коефіцієнтом детермінації та іншими статистичними критеріями. Обчислювальна процедура методу є дуже громіздкою і ненадійною, так як остаточний вибір моделі – залежить від суб'єктивної оцінки дослідника. У випадку, коли важко зробити такий вибір – розглядається показник  $MSE$  – середній квадрат залишків.

*Метод виключень* є прийнятнішим для практично використання, аніж метод усіх можливих регресій. Ґрунтується на дослідженні частинних критеріїв Фішера, які дають змогу ідентифікувати статистичну значимість взаємозв'язку між залишками моделі з найбільшою кількістю факторів та залишками моделі з одним вилученим фактором. Якщо для деякого вилученого фактора таке співвідношення не є значимим, то такий фактор до моделі не буде включатися і навпаки.

#### Алгоритм методу.

1. Оцінюється регресійна модель, яка включає всі фактори.
2. Розраховується величина часткового критерія Фішера, яке порівнюється з критичним значенням Фішера (з урахуванням обсягів вибірки, кількості оцінюваних параметрів та обраного рівня значимості);
3. Найменше значення  $F$  – критерію порівнюється з  $F_{кр}$  і позначається  $F_R$ .
4. Якщо  $F_R < F_{кр}$ , то відповідний фактор виключається з моделі. Проводиться новий розрахунок регресійного рівняння вже без цього виключеного фактора і знову на крок 2.
5. Якщо  $F_R > F_{кр}$ , то регресійна модель залишається без змін.

*Метод покрокової регресії* за своєю суттю є протилежним до методу виключень. Згідно покрокового методу до моделі поступово включаються фактори, які мають зв'язок з результируючою змінною. Порядок включення вибирається за допомогою абсолютних значень коефіцієнта парної кореляції відповідних факторів з результатом.

Для відбору факторних ознак, які впливають на результуючу ознаку і оцінки параметрів залежностей пропонується використовувати алгоритм модифікованого методу покрокової регресії, який зводиться до виконання наступних дій:

1) стандартизація (нормалізація) змінних моделі

$$Y^* = \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y} ; X_{ij}^* = \frac{x_i - \bar{x}_j}{\sigma_{x_j}} ;$$

2) визначення кореляційної матриці  $r$

$$r_{y^*x_j^*} = \frac{1}{n-1} y^* x_j^* , r_{x_k^*x_j^*} = \frac{1}{n-1} x_k^* x_j^* ;$$

3) вибір факторної ознаки  $X_j^*$ , для якої  $r_{yx_j}^* = \max \{r_{yx_j}^*\}$  і побудова лінійної регресійної моделі за цією ознакою;

4) вибір наступної факторної ознаки  $X_j^*, j=1,2,\dots,n-1$ , яка має найбільший коефіцієнт кореляції з  $Y^*$  і побудова багатofакторної лінійної регресійної моделі з двома факторними ознаками;

5) порівняння оцінених коефіцієнтів детермінації, розрахованих для моделей на етапах 3 і 4. Якщо  $\bar{R}_{k+1}^2 < \bar{R}_k^2$ , то на крок 6. Якщо  $\bar{R}_{k+1}^2 > \bar{R}_k^2$ , то повторюється крок 4 до тих пір, поки  $\bar{R}_k^2 > \bar{R}_{k-1}^2$ , де  $\bar{R}_k^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-k-1}$  -

оцінений коефіцієнт детермінації,

$R^2$  - коефіцієнт детермінації,

$k$  - кількість факторних ознак, включених в модель,

$n$  - кількість спостережень.

6) побудова регресійної моделі для результуючої ознаки  $Y_i$  і факторних ознак, визначених на етапах 3,4,5. Якщо маємо випадок багатofакторної регресії, то на крок 7, якщо факторна ознака тільки одна – на крок 8;

7) перевірка наявності мультиколінеарності в масиві факторних ознак за алгоритмом Феррара-Глобера. У випадку виявлення мультиколінеарності проводиться перетворення вхідної інформації або ж вилучення з масиву факторну ознаку з урахуванням її економічного



змісту, вагомості для дослідження та значення коефіцієнта кореляції з результируючою ознакою;

8) апроксимація фактичного розподілу за МНК до лінійної регресії, експоненційної, степеневі, квадратичної і оберненої залежності. При цьому припускається, що виконуються всі передумови МНК крім відсутності гомоскедастичності і автокореляції залишків. За критерієм Фішера проводиться перевірка моделі на адекватність. Беручи до уваги значення коефіцієнтів детермінації і фактичні значення критерію Ст'юдента для параметрів регресії вибирається найкращий вид залежності;

9) перевірка залишків моделі на гетероскедастичність та автокореляцію за тестами відповідно Глейсера і Дарбіна-Вотсона. У випадку виявлення гетероскедастичності або автокореляції залишків проводиться оцінка параметрів моделі методом Ейткена (узагальненим методом найменшим квадратів).

### **3. Оцінювання параметрів та дослідження багатofакторних моделей.**

Оцінювання параметрів багатofакторної моделі проводиться за допомогою 1МНК. Даний метод дає змогу отримати найкращі лінійні незміщені оцінки за умови справедливості наступних припущень:

1. Математичне сподівання випадкової величини  $\varepsilon$  дорівнює нулю:

$$M(\varepsilon_i / x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}) = 0 \quad \forall i;$$

2. Випадкові величини незалежні між собою:  $\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, \quad i \neq j$ ;

3. Модель гомоскедастична, тобто має однакову дисперсію для будь-якого спостереження:  $\text{var}(\varepsilon_i) = \hat{\sigma} = \text{const}$

4. Випадкові величини  $\varepsilon_i$  та факторні змінні  $x_i$  є незалежними між собою:  $\text{cov}(\varepsilon_i, x_i) = 0$ ;

5. Модель повинна бути правильно специфікованою;

6. Випадкова величина  $\varepsilon$  відповідає нормальному закону розподілу з нульовим математичним сподіванням і сталою дисперсією:  $\varepsilon \sim N(0; \sigma^2)$ ;

7. Відсутність мультиколінеарності між факторними ознаками, тобто факторні ознаки повинні бути незалежними між собою.

У випадку нелінійності факторної моделі, для знаходження оцінок її параметрів попередньо виконують операцію лінеаризації та/або заміни.

Основна ідея однокрокового методу найменших квадратів, як і у випадку парної лінійної регресії полягає в тому, щоб знайти такі оцінки параметрів, при яких сума квадратів залишків (відхилень теоретичних значень результуючої ознаки від фактичних) була б найменшою:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i, i = \overline{1, n};$$

$$e_i = y_i - b_0 - b_1 x_{i1} - b_2 x_{i2} - \dots - b_m x_{im};$$

$$S = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_{ij}))^2$$

Дана функція є квадратичною відносно невідомих величин  $b_j, j = \overline{1, m}$ . Вона обмежена знизу, тобто має точку мінімуму. Необхідною умовою мінімуму функції  $S$  є рівність нулю всіх її частинних похідних по  $b_j$ .

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial b_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - (b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_{ij})) \\ \frac{\partial S}{\partial b_j} = -2 \sum_{i=1}^n x_{ij} (y_i - (b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_{ij})), j = \overline{1, m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n (y_i - (b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_{ij})) = 0 \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} (y_i - (b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_{ij})) = 0 \end{cases}$$

Дана система називається системою нормальних рівнянь. Її розв'язок найзручніше представити в матричній формі:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

де  $(X^T X)^{-1}$  - матриця моментів;

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}.$$

Дослідження багатofакторної моделі проводиться за схемою, яка є справедливою для лінійних та нелінійних однофакторних моделей, а саме:

1. знаходження оцінок параметрів проводиться за допомогою 1МНК при виконання всіх його передумов;
2. модель перевіряється на адекватність за допомогою коефіцієнта детермінації та  $F$  – критерію Фішера;
3. параметри тестуються на статистичну значимість за допомогою  $t$  – критерію Ст'юдента;
4. будуються інтервали довіри для параметрів узагальненої моделі;

5. у випадку адекватності моделі за критерієм Фішера та статистичної значимості оцінок параметрів (хоча б однієї для однофакторних моделей та більшості для багатфакторних) за критерієм Ст'юдента, розраховують точкові та інтервальні прогнози.

Коли порушується умови застосування 1МНК, для оцінювання параметрів моделей використовуються інші методи: узагальнений метод найменших квадратів, метод зважених найменших квадратів, метод Дабіна, метод Кочрена-Оркатта тощо.

#### 4. Розрахунок прогнозів на основі факторних моделей.

*Прогнозування на основі однофакторної лінійної моделі.*

Для розрахунку точкових прогнозів на основі однофакторної лінійної моделі, розрахованої за 1МНК використовують наступну формулу:

$$\hat{y}_{\text{прогнозне}} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 x_{\text{прогнозне}}$$

де  $\hat{y}_{\text{прогнозне}}$  - шукане прогнозне значення результуючої ознаки;

$x_{\text{прогнозне}}$  - задана прогнозна величина факторної ознаки;

$\hat{b}_0, \hat{b}_1$  - оцінки параметрів узагальненої лінійної регресії.

Для розрахунку інтервального прогнозу індивідуального значення результуючої ознаки використовують наступну формулу:

$$\hat{y}_{\text{прогнозне}} \in (\hat{y}_{\text{прогн}} \mp t_{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_{\varepsilon} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_{\text{прогн}} - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}}).$$

Інтервальний прогноз для математичного сподівання (середнього значення) результуючої ознаки можна розрахувати за формулою:

$$M(\hat{y}_{\text{прогнозне}}) \in (\hat{y}_{\text{прогн}} \mp t_{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_{\varepsilon} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_{\text{прогн}} - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}})$$

В двох останніх формулах  $\hat{y}_{\text{прогн}}$  - точкове прогнозне значення результуючої ознаки;  $t_{\frac{\alpha}{2}}$  - критичне значення  $t$  - критерію Ст'юдента.

Інтервальні прогнози дають змогу з'ясувати, в яких межах будуть знаходитись індивідуальні значення результуючої ознаки (її математичне сподівання) з заданою користувачем ймовірністю.

*Прогнозування на основі багатфакторної лінійної моделі.*

Якщо побудована модель є адекватною за критерієм Фішера, і переважна більшість параметрів є статистично значимими за критерієм Ст'юдента, то її можна використовувати в прогнозних цілях. Як і у випадку моделей парної регресії, розраховують точковий та інтервальні прогнози.

Прогнози на основі багатofакторної моделі, розраховані за 1МНК:

Точковий прогноз :  $y_{\text{прогнозне}} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 x_1^{\text{прогноз}} + \hat{b}_2 x_2^{\text{прогноз}} + \dots + \hat{b}_m x_m^{\text{прогноз}}$ .

Інтервальний прогноз для індивідуального значення у:

$$y_{\text{прогнозне}} \in (y_{\text{прогноз}} \mp t_{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_u \sqrt{1 + x_{\text{прогноз}}^T (X^T X)^{-1} x_{\text{прогноз}}}).$$

Інтервальний прогноз для математичного сподівання (середнього значення) результуючої ознаки:

$$M(y_{\text{прогнозне}}) \in (y_{\text{прогноз}} \mp t_{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_u \sqrt{x_{\text{прогноз}}^T (X^T X)^{-1} x_{\text{прогноз}}}).$$

Математична та економічна інтерпретація результатів розрахунку точкового та інтервальних прогнозів аналогічна, як і у випадку не лінійності моделі.

У випадку нелінійності факторної моделі, для знаходження оцінок її параметрів попередньо виконують операцію лінеаризації та/або заміни.

У випадку, коли оцінки параметрів факторної моделі розраховуються за допомогою узагальненого методу найменших квадратів (ситуація гетероскедастичності та автокореляції), задача розрахунку прогнозу потребує спеціального дослідження. Це пов'язано з тим, що залишки моделі можуть мати систематичну складову, яку необхідно враховувати в точковому прогнозі.

### *Питання для самоперевірки*

1. Поняття факторної прогнозної моделі.
2. Структура факторної моделі та характеристика складових.
3. Види факторних моделей.
4. Основні етапи розробки прогнозу на основі факторних моделей.
5. Вимоги до факторів, котрі включаються до прогнозної моделі.
6. Характеристика методу покрокової регресії.
7. Характеристика методу виключень побудови багатofакторної моделі.
8. Метод усіх можливих регресій побудови багатofакторної моделі.
9. Методи знаходження оцінок параметрів факторних моделей. Умови застосування методів.
10. Розрахунок прогнозів на основі однофакторної моделі.
11. Розрахунок прогнозів на основі багатofакторних моделей.

## **Тема 8. Оцінка якості прогнозу**

- 1. Поняття якості прогнозу. Точність на надійність прогнозової моделі.**
- 2. Параметричні та непараметричні методи визначення точності прогнозу**
- 3. Перевірка гіпотези стосовно правильності вибору виду тренду.**
- 4. Інтегровані критерії точності та адекватності.**

### **1. Поняття якості прогнозу. Точність на надійність прогнозової моделі.**

Перед тим як використовувати модель для складання реальних прогнозів, її потрібно перевірити на об'єктивність для того щоб забезпечити точність прогнозів. Цю задачу можна вирішити за допомогою наступних дій:

1. визначити, на основі яких статистичних даних побудована модель, потім фактичні дані порівняти з відповідними оцінками, отриманими за допомогою даної моделі. Відхилення між фактичними і теоретичними значеннями покажуть, як модель проявить себе при визначенні майбутніх прогнозних значень результуючої змінної. Треба зауважити, що при цьому існує ймовірність того, що висновки можуть

бути дещо викривленими, так як модель в середині діапазону даних проявить себе краще, ніж на часових періодах за межами діапазону;

2. результати модельних розрахунків порівняти з фактичними значеннями по мірі поступлення інформації. Після отримання нових фактичних даних можна перевірити точність моделі. Недоліком даного підходу є те, що перевірка моделі може зайняти багато часу;

Якість прогнозу моделі є пропорційною точності розрахованих з її допомогою прогнозів. Розрізняють поняття апріорної та апостерорної якості прогнозу моделі. Апріорну якість оцінюють в умовах відсутності інформації про результати використання моделі. Апостерорна якість може бути оцінена після практичного використання моделі, тобто розрахунку прогнозу.

Для визначення апріорної якості моделі прогнозують можливі результати її використання в заданих умовах при фіксованих значеннях факторних ознак. Тобто визначення якості прогнозу моделі передбачає розрахунок двох прогнозів – прогнозу використання моделі та прогнозу значень ознак в заданих умовах. При цьому якість моделі може бути описана двома характеристиками: її *точністю*, тобто збігом фактичних і теоретичних значень показників на етапі побудови моделі та *надійністю*, яка визначається ймовірністю реалізації відповідної оцінки прогнозу. Ймовірність реалізації оцінюється або суб'єктивно (експертні оцінки) або шляхом урахування інтервалу довіри прогнозу.

На практиці при порівнянні декількох прогнозних моделей дослідники, як правило, обмежуються тільки аналізом їх точності. Для цього розраховують залишкову варіацію (суму квадратів відхилень обчислених значень від фактичних), середньоквадратичне значення відхилень результатів прогнозу показника від його фактичних значень та довірчі інтервали. Якщо ж модель використовується для прогнозування значень нових об'єктів, то традиційні апріорні критерії не завжди будуть гарантувати її високу якість. В таких випадках розраховують показники середнього та емпіричного ризику.

Для оцінки апостерорної якості моделі використовують параметричні та непараметричні методи.

## **2. Параметричні та непараметричні методи визначення точності прогнозу**

Використання *параметричних методів аналізу точності прогнозів* передбачає розрахунок наступних показників 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:

$$RMSPE = \sqrt{\frac{100}{m} \sum_{i=n-m+1}^n \left( \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)^2},$$

- середня абсолютна похибка у відсотках (*MAPE*):

$$MAPE = \sum_{i=n-m+1}^n \frac{100 |y_i - \hat{y}_i|}{m |y_i|},$$

Чим меншим є значення цих величин, тим вищою вважається якість прогнозу моделі. На практиці ці характеристики використовують досить часто. Використання параметричних методів забезпечує отримання адекватних результатів при умові, що за період ретропрогнозу не виникло принципово нових закономірностей розвитку досліджуваного процесу і не змінилась тенденція. На підставі останніх двох критеріїв можна дійти висновку стосовно загального рівня адекватності моделі шляхом їх порівняння.

<i>MAPE, RMSPE</i>	Точність прогнозу
Менше 10 %	Висока
10 % — 20 %	Добра
20 % — 40 %	Задовільна
40 % — 50 %	Погана
Більше 50 %	Незадовільна

Суттєвим недоліком вищевказаних показників точності прогнозів є їх залежність від обраних одиниць виміру. Даний недолік можна нівелювати шляхом розрахунку коефіцієнта невідповідності Тейла,

чисельником якого є середньоквадратична похибка прогнозу, а знаменник дорівнює квадратному кореню із середнього квадрата фактичних та оцінних значень:

$$U = \frac{\sqrt{\sum (\hat{y}_i - y_i)^2 / m}}{\sqrt{\frac{1}{m} \sum y_i^2 + \frac{1}{m} \sum \hat{y}_i^2}}$$

Чим ближчим є розраховане значення коефіцієнта Тейла до нуля, тим точнішим є розрахований прогноз.

Коефіцієнт невідповідності Тейла ( $U$ ) може бути розкладений на три частини:

$$\text{пропорцію зміщеності } U^M = \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i) y_i},$$

$$\text{пропорцію дисперсії } U^S = \frac{(\sigma_y - \sigma_{\hat{y}})^2}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i) y_i},$$

$$\text{пропорцію коваріації } U^C = U^C = \frac{2(1-\rho)(\sigma_y \cdot \sigma_{\hat{y}})}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}.$$

При цьому  $U^M + U^S + U^C = 1$ . 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  $U^M$ , тим краще. Якщо  $U^M$  дорівнює нулю, у розрахованих (прогнозних) значеннях немає зміщень, тобто з моделлю все гаразд. Пропорція дисперсії ( $U^S$ ) використовується, щоб переконатися, 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 зсунення. Пропорція коваріації вказує, як корелюють фактичні та розраховані ряди. Якщо  $U^C$  дорівнює 1, то фактичні та розраховані ряди корелюють ідеально.

*Критичні точки* важливі як критерії якості, оскільки деякі моделі можуть бути точними, але погано передбачати зміни тенденції (наприклад, поворотні точки в циклах), тобто погано відтворювати критичні точки. Інші моделі можуть бути неточними, але мати гарний динамічний характер. Загалом може бути певний компроміс між точністю та динамічними властивостями моделі. Формального тесту



для оцінки цієї властивості не існує. Проте візуальний огляд розрахованих та фактичних рядів звичайно одразу виявляє, здатна модель відтворювати критичні точки чи ні.

Розглянуті характеристики точності прогнозів є параметричними в тому сенсі, що вони потребують виконання заданих припущень щодо властивостей математичного сподівання та дисперсії, чинних за умов нормальності відповідних розподілів. Проте в реальних ситуаціях найчастіше порушуються припущення гомоскедастичності та відсутності автокореляції.

**Непараметричні методи аналізу точності прогнозів.** Непараметричні методи не залежать від вигляду розподілу, тобто не потребують припущення щодо нормальності розподілів випадкових величин. Ця деталь є корисною в тих випадках, коли мова йде про дані, які унеможливають використання числових шкал. Найчастіше застосовуються два типи непараметричних критеріїв: критерій знаків та рангові критерії.

*Критерій знаків* для порівняння точності двох послідовностей прогнозів базується на відсотку випадків, коли метод визначення прогнозу А кращий, ніж метод В. Таке порівняння здійснюють для індивідуальних прогнозів однакових подій (змінних). Якщо обидва методи дають однакову точність, імовірність відповіді «так» на запитання «чи прогноз А кращий за прогноз Б» становить 0,5 для кожного з  $m$  випадків прогнозування. Число  $K$  випадків, коли прогноз А кращий, підпорядковано біномальному розподілу ймовірностей

$$p(K = x) = C_m^x 0,5^x 0,5^{m-x}.$$

Тобто можна підрахувати імовірність того, що  $K \geq x$ . 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, і  $\eta$  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  $i = \overline{1, k}$ ). 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.

Очевидним недоліком непараметричних методів є те, що вони ігнорують частину доступної інформації, а саме не враховують числових значень похибок.

### **3. Перевірка гіпотези стосовно правильності вибору виду тренду.**

В практичній роботі проблему точності прогнозу треба розв'язувати тоді, коли період випередження ще не минув, і справжнє значення прогнозованої змінної невідоме. У цьому разі проблему точності можна розглядати з точки зору зіставлення апріорних якостей, властивостей прогностичних моделей. Власне, ідеться про статистичний аналіз залишків, тобто відхилень від тренду. Досліджування залишкової компоненти здійснюють із метою перевірки гіпотез: чи правильно підбрано тренд; чи становить залишкова послідовність стаціонарний випадковий процес. У разі підтвердження цих гіпотез прогноз можна зробити за обома складовими часового ряду: за трендом — шляхом простої екстраполяції, за відхиленнями від тренду — за допомогою наявних методів прогнозування стаціонарних випадкових процесів. Підсумок двох одержаних таким чином прогнозів дає загальний прогноз показника.

За правильного вибору виду тренду відхилення від нього  $\varepsilon_t = y_t - \hat{y}_t$  матимуть випадковий характер. Це означає, що зміна випадкової величини  $\varepsilon_t$  не залежить від чинника часу.

Найпростішим способом перевірки припущення стосовно випадковості  $\varepsilon_t$  є визначення коефіцієнта кореляції між відхиленнями від тренду  $\varepsilon_t$  і чинником часу  $t$  та перевірка його значущості. Однак цей зв'язок може бути нелінійним. Тому характер відхилень доцільно вивчати за допомогою непараметричних критеріїв, якими є, ґрунтований на медіані вибірки, критерій «зростаючих» та «спадних» серій тощо. Розглянемо цей критерій. Для цього позначимо  $e_t$  розбіжність між фактичними і розрахованими за моделлю рівнями часового ряду  $e_t = y_t - \hat{y}_t$  ( $t=1,2,\dots,n$ ).

*Критерій серій, орієнтований на медіану вибірки.* Згідно з критерієм серій ряд із величин  $e_t$  розташовують у порядку зростання їхніх значень і знаходять медіану  $e_m$  одержаного варіаційного ряду, тобто значення, що перебуває в середині для непарного  $n$  або середню арифметичну з двох середніх значень для  $n$  парного. Повертаючись до вхідної послідовності  $e_t$  і порівнюючи значення цієї послідовності з  $e_m$ , ставлять знак «плюс», якщо значення  $e_t$  перевищує медіану, і знак «мінус», якщо воно менше за медіану; у випадку однаковості порівнюваних величин відповідне значення  $e_t$  пропускають. Це дає можливість отримати послідовність, що складається із плюсів та мінусів, загальна кількість яких не перевищує  $n$ . Послідовність розташованих одне за одним плюсів або мінусів називають серією. Щоб послідовність  $e_t$  була випадковою вибіркою, довжина найдовшої серії не має бути занадто великою, а загальна кількість серій — занадто малою.

Позначимо довжину найдовшої серії через  $K_{\max}$ , а загальну кількість серій — через  $v$ . Вибірка вважається випадковою, якщо виконуються такі нерівності для 5 %-го рівня значущості:

$$K_{\max} < [3,3(\ln n + 1)], \quad v > \left[ \frac{1}{2}(n+1 - 1,96\sqrt{n-1}) \right],$$

де квадратні дужки означають цілу частину числа.

Якщо хоча б принаймні з цих нерівностей порушується, то гіпотеза про випадковий характер відхилень рівнів часового ряду від тренду спростовується, а модель тренду визнається неадекватною.

*Перевірка гіпотези стосовно нормального закону розподілу випадкової компоненти.* У деяких випадках, наприклад під час визначення похибки прогнозу за авторегресійними моделями, необхідно перевірити гіпотезу стосовно того, що відхилення від тренду або від певної моделі відповідають закону нормального розподілу. Оскільки часові ряди соціально-економічних процесів зазвичай не дуже довгі, тобто вибірка є невеликою за своїм обсягом, перевірку розподілу на нормальність можна здійснити лише

наближено за допомогою дослідження показників асиметрії ( $A$ ) і ексцесу ( $E$ ). Для нормального розподілу асиметрія і ексцес певної генеральної сукупності дорівнюють нулю. Ми припускаємо, що відхилення від тренду становлять вибірку із генеральної сукупності, тому можна визначити лише вибіркові характеристики асиметрії й ексцесу та їхні похибки:

$$\hat{A} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^3}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2\right)^3}}; \quad \hat{\sigma}_{\hat{A}} = \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}};$$

$$\hat{E} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2\right)^2} - 3; \quad \hat{\sigma}_{\hat{E}} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}}.$$

У цих формулах  $\hat{A}$  — вибіркова характеристика асиметрії;  $\hat{E}$  — вибіркова характеристика ексцесу;  $\hat{\sigma}_{\hat{A}}$  — середньоквадратична похибка вибіркової характеристики асиметрії;  $\hat{\sigma}_{\hat{E}}$  — середньоквадратична похибка вибіркової характеристики ексцесу.

Якщо одночасно виконуються такі нерівності:

$$\left| \hat{A} \right| < 1,5 \hat{\sigma}_{\hat{A}}; \quad \left| \hat{E} + \frac{6}{n+1} \right| < 1,5 \hat{\sigma}_{\hat{E}},$$

то гіпотезу про нормальний характер розподілу випадкової компоненти не відхиляють.

Якщо виконується принаймні одна із нерівностей

$$\left| \hat{A} \right| \geq 2 \hat{\sigma}_{\hat{A}}; \quad \left| \hat{E} + \frac{6}{n+1} \right| \geq 2 \hat{\sigma}_{\hat{E}},$$

гіпотезу про нормальний характер розподілу відхиляють, а модель тренду визнають неадекватною. Інші випадки потребують додаткової перевірки за допомогою складніших критеріїв. Для адекватних моделей доцільно ставити запитання щодо оцінювання їхньої точності. Вважається, що моделі з меншою розбіжністю між фактичними й розрахунковими значеннями краще відображають досліджуваний процес у майбутньому. Для характеристики рівня близькості використовують наступні показники:

- середнє квадратичне відхилення (або дисперсія)

$$\hat{\sigma}_e = \sqrt{\frac{1}{n-k-1} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2};$$

- середню відносну похибку апроксимації (чим ближче до 0, тим точніша модель):

$$\bar{e}_{\text{відн}} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| 100\% ;$$

- коефіцієнт збіжності:

$$\varphi^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2},$$

- коефіцієнт детермінації (чим ближче до 1, тим точніша модель):

$$R^2 = 1 - \varphi^2.$$

У цих формулах  $n$  — кількість рівнів ряду,  $k$  — кількість пояснювальних змінних у моделі,  $\hat{y}_t$  — оцінки рівнів ряду за моделлю,  $\bar{y}$  — середнє арифметичне значення вибірки.

На підставі розглянутих показників можна з кількох адекватних моделей обрати найточнішу. Помилка прогнозу, обчисленого для періоду, характеристики котрого вже були використані при оцінюванні параметрів моделі, як правило, буде незначною та мало залежатиме від теоретичної обґрунтованості, застосованої для побудови моделі.

Незалежно від обраної методики та моделі прогнозування джерелами помилок прогнозу можуть бути:

1) природа змінних (випадковий характер змінних гарантує, що прогноз відхилятиметься від справжніх величин, навіть якщо модель правильно специфікована, її параметри точно відомі);

2) природа моделі (сам процес оцінювання спричиняє похибки оцінок параметрів);

3) помилки, привнесені прогнозом незалежних випадкових величин (пояснювальних змінних);

4) помилки специфікації моделі.

## 5. Інтегровані критерії точності та адекватності.

Суть формування системи інтегрованих критеріїв точності та адекватності, а також загального критерію якості прогнозування полягає у тому, що формується множина окремих критеріїв, на підставі яких розраховують деякий інтегрований показник. Наприклад, точність можна характеризувати лише коефіцієнтом детермінації, або дисперсією та середньою помилкою апроксимації, або всіма переліченими критеріями одночасно.

Попередньо для кожного окремого критерію необхідно розробити процедуру його нормування. Нормований критерій отримують з

вихідної статистики критерію таким чином, щоб виконувалися умови: нормований критерій дорівнює 100, якщо модель абсолютно точна (адекватна), нормований критерій дорівнює 0, якщо модель абсолютно неточна (неадекватна).

Узагальнений критерій якості моделі розраховують як зважену суму узагальненого критерію точності (його вага 0,75) та узагальненого критерію адекватності (його вага 0,25), тобто віддають перевагу точності. За характеристику точності обирають нормоване значення середньої відносної похибки апроксимації, а за критерій адекватності — нормоване значення критерію Дарбіна-Вотсона та характеристики нормального закону розподілу залишкової компоненти. Числове значення узагальненого критерія якості перебуває у діапазоні від 0 до 100 (мінімум відповідає абсолютно неправильній моделі, а максимум — моделі, що ідеально відображає розвиток показника). Досвід застосування цього показника свідчить про надійність моделей, оцінка якості яких не менша за 75.

*Оптимальний прогноз* — це зроблене на підставі економічної теорії передбачення, яке використовує всю доступну на момент побудови прогнозу інформацію. Оптимальний прогноз ще називають прогнозом раціональних сподівань. Раціональні сподівання можуть відрізнитися від фактичних значень, але будь-яка різниця має бути випадковою й непередбачуваною. Оскільки раціональні сподівання ґрунтуються на коректній економічній теорії, вони мають властивості незміщеності та ефективності.

*Незміщеність* означає, що помилка прогнозу має нульове математичне сподівання.

*Ефективність* передбачає, що в процесі прогнозування буде використана вся доступна інформація, отже, помилка прогнозу не буде корельовати з цією інформацією.

Стандартний критерій незміщеності потребує перевірки гіпотези стосовно того, що  $\alpha = 0$  та  $\beta = 1$  одночасно для такої моделі:

$$y_t = \alpha + \beta \hat{y}_t + \varepsilon_t,$$

де  $y_t$  — ряд фактичних значень або спостережень;

$\hat{y}_t$  — ряд прогнозованих значень;

$\varepsilon_t$  — випадкові залишки.

Перевірка ефективності є складнішою оскільки неможливо коректно визначити відповідний масив інформації, стосовно якого похибки прогнозу будуть некорельованими.

Враховуючи існуючі методичні підходи до розробки та практичного використання критеріїв визначення якісного прогнозу, можна зробити висновок про те, що варто користуватися системою критеріїв, які повинні враховувати:

- фактичні затрати ресурсів, витрачених на побудову моделі, та наявність відповідного програмного забезпечення;
- швидкість, із якою метод може врахувати істотні зміни у поведінці ряду, наприклад раптовий зсув математичного сподівання або збільшення кута нахилу лінії тренду;
- існування серійної кореляції у помилках;
- незмінюваність первинних даних;
- тип прогнозу.

### *Питання для самоперевірки*

1. Поняття якості, точності та надійності прогнозу.
2. Загальна характеристика параметричних та непараметричних методів оцінювання якості прогнозованої моделі.
3. Показники, які використовуються в процесі аналізу якості моделі параметричними методами.
4. Рангові критерії та критерії знаків перевірки якості прогнозованої моделі.
5. Перевірка гіпотези стосовно правильності вибору виду тренду.
6. Перевірка гіпотези стосовно нормального закону розподілу випадкової компоненти.
7. Інтегровані критерії якості та точності прогнозованої моделі.

## Література

1. *Айвазян С. А., Мхитарян В. С.* Прикладная статистика и основы эконометрики: Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ, 1998.
2. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление. — М.: Мир, 1974.
3. *Винн Р., Холден К.* Введение в прикладной эконометрический анализ. — М.: Финансы и статистика, 1981.
4. *Горелова В. Л., Мельникова Е. Н.* Основы прогнозирования систем. — М.: Высшая школа, 1986.
5. *Єріна А.М.* Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2001.
6. *Кобелев Н. Б.* Практика применения экономико-математических методов и моделей: Учебно-практическое пособие. — М.: ЗАО Финстатинформ, 2000.
7. *Кулявец В.О.* Прогнозування соціально-економічних процесів: Навчальний посібник. — К.: Кондор, 2009.
8. *Лук'яненко І. Г., Городніченко Ю. О.* Сучасні економічні методи у фінансах. — К.: Літера ЛТД, 2002.
9. *Лук'яненко І.Г., Краснікова Л.І.* Економетрика: Підручник. — К.: Знання, 1998.
10. *Льюис К. Д.* Методы прогнозирования экономических показателей. — М.: Финансы и статистика, 1986.
11. *Наконечний С. І., Терещенко Т. О., Романюк Т. П.* Економетрія: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2006.
12. *Макаренко Т.І.* Моделювання та прогнозування у маркетингу: Навчальний посібник. — К.: Центр навчальної літератури, 2005.
13. *Моделі і методи прийняття рішень в аналізі і аудиті: Навчальний посібник/ за ред. Ф.Ф.Бутинця. — Житомир: ЖДТУ, 2004.*
14. *Парсаданов Г. А.* Планирование и прогнозирование социально-экономической системы: Учебное пособие для вузов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.



15. *Петерс Е.* Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка: Пер. с англ. — М.: Мир, 2000.
16. *Присенко Г. В., Равікович Є. І.* Прогнозування соціально-економічних процесів: Навч. посіб. — К.: КНЕУ, 2005.
17. Статистическое моделирование и прогнозирование / Под ред. А. Г. Гранберга. — М.: Финансы и статистика, 1990.
18. *Черняк О. І., Ставицький А. В.* Динамічна економетрика: Навч. посібник. — К., 2000.
19. *Шелобаев С. И.* Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: Учебное пособие для вузов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
20. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. В. Федосеева. — М.: ЮНИТИ, 2000.