

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**імені Івана Пулюя**

**ПРОГНОЗУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-  
ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**для економічних спеціальностей**

**Навчальний посібник**

**ТЕРНОПІЛЬ – 2021**

**Галушак М. П., Галушак О. Я., Кужда Т. І. Прогнозування соціально-економічних процесів: навчальний посібник для економічних спеціальностей. – Тернопіль: ФОП Паляниця, 2021. – 160 с.**

Навчальний посібник “Прогнозування соціально-економічних процесів” для економічних спеціальностей спрямований на вивчення і здобуття навичок використання певних технік і методів прогнозування, які були б пристосовані до властивостей типових економічних процесів і стали б корисними при прийнятті управлінських рішень для типових бізнес-проблем.

Укладачі: к.т.н., доц. Галушак М. П., Галушак О. Я., к.е.н., доц. Кужда Т. І.

Рецензент: к.е.н., доц. Хрупович С. Є.

Відповідальні за випуск: к.т.н., доц. Галушак М. П., Галушак О. Я., к.е.н., доц. Кужда Т. І.

Навчальний посібник “Прогнозування соціально-економічних процесів” для економічних спеціальностей розглянуто й затверджено на засіданні кафедри менеджменту та адміністрування. Протокол № 1 від 30.08.2021 р.

Навчальний посібник “Прогнозування соціально-економічних процесів” для економічних спеціальностей схвалено на засіданні вченої ради ТНТУ імені Івана Пулюя. Протокол №11 від 19.10.2021 р.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	5
<b>Тема 1. Економічне прогнозування в системі управління підприємством</b> .....	8
1.1. Поняття прогнозування та його суть.....	8
1.2. Роль прогнозування в процесі прийняття управлінських рішень .....	10
1.3. Етапи прогнозування .....	14
1.4. Вимоги до вихідних даних для побудови прогнозів .....	15
<b>Тема 2. Функції, методи та принципи прогнозування</b> .....	17
2.1. Функції прогнозування .....	17
2.2. Принципи прогнозування .....	17
2.3. Класифікація прогнозів та їх коротка характеристика .....	18
2.4. Методи прогнозування, їх класифікація .....	23
<b>Тема 3. Методи індивідуальної експертної оцінки</b> .....	25
3.1. Суть та різновиди експертних методів прогнозування .....	25
3.2. Метод “інтерв'ю” .....	28
3.3. Аналітичний метод експертного прогнозування .....	28
3.4. Метод написання сценаріїв .....	29
3.5. Підбір експертів .....	31
<b>Тема 4. Методи колективної експертної оцінки в економічному прогнозуванні</b> .....	34
4.1. Метод колективної експертної комісії .....	34
4.2. Метод колективної генерації ідей .....	47
4.3. Метод Дельфі .....	49
4.4. Метод “синектика” .....	53
<b>Тема 5. Кількісні методи прогнозування</b> .....	55
5.1. Кількісні методи прогнозування. Екстраполяція як інструмент прогнозування .....	55
5.2. Основні засади прогнозування на базі рядів динаміки .....	57
5.3. Екстраполяція на основі аналітичних показників рядів динаміки .....	59
5.4. Вибір оптимального варіанту прогнозу методом “ex-post прогноз” .....	60
<b>Тема 6. Методи прогнозування на основі середніх</b> .....	64
6.1. Метод середньої. Ковзна середня .....	64
6.2. Метод зваженої середньої .....	69
6.3. Екстраполяція на основі плинної середньої .....	71
<b>Тема 7. Методи екстраполяції трендів</b> .....	74
7.1. Загальна характеристика методів .....	74
7.2. Вибір виду рівняння тренду .....	75
7.3. Оцінка тенденції розвитку процесу графічним способом. Метод найменших квадратів .....	78
7.4. Розрахунок коефіцієнтів рівняння тренду .....	81
7.5. Екстраполяція трендів з допомогою Microsoft Excel .....	82

7.6. Оцінка якості рівняння тренду.....	89
<b>Тема 8. Прогнозування методами експоненційного згладжування .....</b>	<b>95</b>
8.1. Адаптивні методи прогнозування .....	95
8.2. Метод експоненційного згладжування .....	96
8.3. Вибір вихідних параметрів .....	98
8.4. Розрахунок прогнозу з допомогою “Пакету аналізу” Microsoft Excel .....	99
8.5. Метод експоненційного згладжування з трендовим регулюванням .....	101
<b>Тема 9. Моделювання як метод прогнозування .....</b>	<b>104</b>
9.1. Поняття і сутність моделювання як інструментарію прогнозування .....	104
9.2. Загальна характеристика регресійного моделювання .....	105
9.3. Постановка задачі та вибір системи показників моделі .....	106
9.4. Вибір та обґрунтування форми зв'язку .....	107
<b>Тема 10. Побудова регресійних моделей .....</b>	<b>110</b>
10.1. Приклад побудови регресійної моделі .....	110
10.2. Побудова регресійної моделі за допомогою Microsoft Excel .....	111
10.3. Перевірка моделі на адекватність та статистичну значущість .....	116
10.4. Складання прогнозів за регресійною моделлю .....	121
<b>Тема 11. Прогнозування з інтервалами довіри .....</b>	<b>125</b>
11.1. Інтервали довіри .....	125
11.2. Побудова прогнозу з інтервалами довіри .....	127
<b>Тема 12. Прогнозування сезонних процесів .....</b>	<b>132</b>
12.1. Прогнозування з врахуванням сезонності .....	132
12.2. Оцінювання сезонної компоненти за допомогою індексу сезонності .....	133
12.3. Метод декомпозиції часового ряду .....	137
12.4. Модель сезонної хвилі на основі гармонійного аналізу.....	144
<b>Тема 13. Оцінка результатів прогнозування .....</b>	<b>145</b>
13.1. Верифікація прогнозів .....	145
13.2. Побудова комбінованого прогнозу .....	149
13.3. Контроль прогнозу .....	151
<b>Тема 14. Методи технологічного і соціально-політичного прогнозування .....</b>	<b>153</b>
14.1. Технологічне прогнозування .....	153
14.2. Метод морфологічного аналізу .....	154
14.3. Метод аналізу перехресного впливу .....	156
14.4. Соціально-політичне прогнозування .....	157

## ВСТУП

Сучасний розвиток людства характеризується тим, що процеси у суспільстві, перш за все економічні, значно прискорилися, і минуле перестало бути достовірним прообразом майбутнього, оскільки проблеми змінюються швидше, ніж встигають бути вирішеними, а очікування цих змін стало важливішим, ніж знаходження рішень на проблеми, час яких вже минув.

Дві найбільш істотні риси є характерними для розвитку сучасної економіки:

- збільшення конкуренції;
- збільшення невизначеності.

Власне, зростання конкуренції є однією з причин збільшення невизначеності. Взагалі невизначеність майбутнього, навіть найближчого, стає тим більшою, чим складнішим стає наш світ. Проблема для економістів-менеджерів у її наслідках: при інших рівних умовах доступ до все більш обмежених ресурсів (часових, людських, тощо) і більшу вигоду отримає той, чий очікування майбутнього виявляться більш реальними, а це є питанням довгострокового виживання у широкому сенсі.

Отже, метою економічного прогнозування у сучасному його розумінні є зниження невизначеності майбутнього внутрішнього стану фірми і її бізнес-середовища.

Сучасна економічна прогностика – досить розгалужена сфера, межі інтересів якої іноді виходять далеко за суто економічні питання. Наприклад, сучасні маркетингові дослідження неможливо уявити без застосування знань з психології та соціології, а прогнозування стану сучасних фондових ринків використовує накопичений досвід і знання роботи з випадковими фізичними процесами.

Задачею підручника “Економічного прогнозування” є вивчення і здобуття Вами навичок використання певних технік і методів прогнозування, які були б пристосовані до властивостей типових економічних процесів і стали б корисними при прийнятті управлінських рішень для типових бізнес-проблем.

Як буде розглянуто пізніше, в прогнозуванні використовуються два основних підходи: якісний і кількісний. У більшості випадків прогнозування у сучасній українській фірмі відбувається з використанням саме якісного підходу для дуже обмеженого кола управлінських задач і з дуже обмеженим діапазоном методів, які часто є досить примітивними і не виходять за рамки оцінок здорового глузду. Низьке використання кількісних методів донедавна мало істотне обґрунтування – цей підхід вимагав ґрунтовних знань з розв’язку певних математичних задач, значних затрат часу для збору та обробки великих масивів статистичної (як правило цифрової) інформації.

Підручник “Економічне прогнозування” орієнтований переважно на поширення серед сучасних управлінців перш за все саме кількісних технік прогнозування, оскільки на сьогодні:

- значно зріс рівень технічного забезпечення процесу прийняття рішень завдяки тотальній комп’ютеризації;

- сучасні комп'ютерні програми (навіть стандартні, такі як *Microsoft Excel* і т.п.) дозволяють вирішувати певне коло задач прогнозування без ґрунтовних знань математики і навіть без знань основ програмування;
- значно зросли можливості доступу, накопичення і обробки інформації;
- значно зріс рівень сучасних менеджерів, для яких комп'ютерна грамотність є, як правило, нормою.

Кількісні методи дають можливість значно підвищити якість оцінок майбутнього стану фірми і посилити експертні оцінки завдяки більшому діапазону доступної для аналізу інформації. Тому невикористання цих уже існуючих можливостей навряд чи є доцільним.

Разом з тим певна увага в курсі приділена також і методам, що базуються на здоровому глузді (його наявність є обов'язковою умовою успішної праці прогнозіста) і досвіді професійних менеджерів, який є базою для так званих експертних прогнозів.

На перший погляд курс містить значну кількість математичних викладок (формул), до яких більшість з Вас не має достатніх навичок (і, можливо, не потребуватиме їх у практичній діяльності). Проте Вам перш за все необхідно сконцентруватися на головних ідеях, закладених в основу методів. Якщо будете добре розуміти логіку методу, Ви зможете самостійно прийняти рішення щодо застосування його у практичній ситуації. Логіка будь-якого методу, як правило, нескладна. Складні математичні оболонки навколо цієї логіки спрямовані перш за все на теоретичне узагальнення, з одного боку, і на більш глибоке дослідження особливих випадків – з іншого. Математичне обґрунтуванням того чи іншого методу призначене для бажаючих піти на крок далі, тобто теоретично обґрунтувавши використання того чи іншого методу, Ви зможете застосувати наявний матеріал для вирішення конкретної практичної задачі.

Великим кроком у розвитку науки про прогнозування стало широке використання в аналізі соціальних, економічних і фінансових явищ комп'ютерної техніки. Прогнозування вимагає сучасних методів обробки значних масивів статистичних даних. Ці задачі вирішуються за допомогою електронних таблиць, таких як *Excel*, *QuattroPro* та ін. В разі потреби, більші можливості статистичного оброблення мають спеціалізовані пакети *STATGRAPHCS*, *SPSS*, *SAS*, *STATISTICA* тощо.

Особливо значного поширення у сфері бізнесу і фінансів набув один з найпопулярніших і водночас найпростіших в експлуатації табличний процесор *Microsoft Excel*. За останні роки його популярність ще більше зросла, що пояснюється його органічною інтеграцією в пакет *Microsoft Office*.

У підручнику пояснення суті переважної частини кількісних методів супроводжується графічними ілюстраціями практичного використання для складання прогнозів додаткових можливостей *Microsoft Excel*. Це програмне забезпечення є практично доступним для всіх студентів і дозволяє уникнути майже всіх математичних розрахунків. Засоби *Excel* дають змогу здійснювати автоматичну обробку даних на основі запропонованих їм шаблонів. Участь прогнозіста зводиться до чіткої постановки задачі, вибору і обґрунтування методу прогнозування та до правильної оцінки результатів.

Довідкова система *Excel* є могутнім путівником, здатним надати допомогу в різноманітних ситуаціях. Разом з тим, зважаючи на думку розробників, “середній користувач” *Microsoft* застосовує тільки 5 % функціональних можливостей, закладених в *Excel*, хоча цей табличний процесор потужний, достатньо універсальний, орієнтований на різні сфери діяльності. Така його потужність закладена в додаткових програмних надбудовах і бібліотеці аналітико-розрахункових функцій. Але застосування деяких програмних надбудов і великого числа функцій *Excel* (за винятком тривіальних функцій типу підсумовування, множення, тригонометричних обчислень та ін.) вимагає певних додаткових знань і розуміння їх суті.

Табличний процесор *Microsoft Excel* для проведення обробки інформації включає програмну надбудову “*Пакет аналізу*” і бібліотеку “*Майстер функцій*” з 78 додаткових функцій. Такого набору інструментів, як правило, буває цілком достатньо для проведення досить повного і якісного аналізу інформації та складання на цій основі ґрунтовних прогнозів. Якщо ж прогнозиста не задовольняють подібні можливості *Excel*, тоді необхідно звернутися до спеціалізованих пакетів статистичного аналізу, зокрема до пакету STATISTICA.

# ТЕМА 1. ЕКОНОМІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

- 1.1. Поняття прогнозування та його суть
- 1.2. Роль прогнозування в процесі прийняття управлінських рішень
- 1.3. Етапи прогнозування.
- 1.4. Вимоги до вихідних даних для побудови прогнозів

## 1.1. Поняття прогнозування та його суть

В рамках кардинальних та динамічних змін, які відбуваються в Україні, стан підприємства в майбутньому багато в чому залежить від рішень, прийнятих сьогодні. Для чіткого виконання функцій управління економічними процесами, для правильного вирішення нагальних завдань, що постають перед керівниками, потрібно передбачити наслідки багатьох економічних явищ. Адаптація до швидких змін вимагає постійного корегування того, що робилося, і як воно робилося. Ефективним механізмом вирішення комплексу складних проблем виступає прогнозування на всіх ієрархічних рівнях управління.

Про значну увагу до економічного прогнозування в Україні свідчить прийнятий Закон “Про державне прогнозування і розробку програм економічного і соціального розвитку України”.

Під *прогнозом* розуміють імовірне, науково обґрунтоване міркування про можливий стан об’єкта (процесу) у майбутньому або альтернативних шляхів і строків досягнення певних результатів.

*Прогнозування* (з грец. – знання наперед) – це процес розробки прогнозів на основі аналізу тенденції і закономірностей розвитку об’єкта (процесу).

Прогнозування поєднує в собі два напрямки діяльності:

- описує чого найбільш імовірно слід очікувати у майбутньому, тобто визначає можливі перспективи, стани, шляхи вирішення проблем майбутнього;
- визначає бажаний (можливий) стан розвитку явища під впливом цілеспрямованої діяльності.

Відповідно до цього виділяють пошуковий і нормативний прогнози.

Пошуковий прогноз має здебільшого теоретико-пізнавальний характер, не враховує цілеспрямованих дій з боку суб’єктів управління. Його завдання – з’ясувати, як розвиватиметься досліджуваний об’єкт у разі збереження існуючих тенденцій. Нормативний прогноз має управлінський характер, пов’язаний з можливістю прийняття на підставі отриманих знань управлінських рішень, здатних вплинути на досліджуваний об’єкт. Його розробляють на засадах наперед визначених цілей у зворотному порядку: від заданого стану в майбутньому до існуючих тенденцій та їх змін у світлі поставленої мети.

Прогноз носить імовірнісний характер, що певною мірою робить його схожим з гіпотезою. Проте прогноз порівняно з гіпотезою має значно більшу визначеність, оскільки ґрунтується не тільки на якісних, а й на кількісних параметрах і тому дає змогу характеризувати майбутній стан об’єкта також кількісно.

У процесі практичної діяльності слід пам’ятати про окремі особливості,



зокрема про певну обмеженість можливостей технік прогнозування, як сучасних, що можуть бути усунуті по мірі розвитку прогностики, так і об'єктивних, що, напевно, не зможуть бути усунені ніколи. Розглянемо основні з них.

1. Прогноз завжди містить в собі певну помилку, її наявність у прогнозі об'єктивна і не може бути усунена за допомогою найбільш досконалих технік і методів.

Історично склалося так, що після певного періоду занадто оптимістичних очікувань, викликаних бурхливим розвитком прикладної математики та появою потужної обчислювальної техніки, наступила зворотна реакція – склався стійкий скептицизм щодо самої ідеї отримати корисні і досить надійні прогнози майбутніх подій. Це було викликано тим, що розвиток реальних подій не завжди був передбачений прогнозами; в той же час окремі прогнози так і не відбулися; спостерігалися занадто великі погрішності окремих прогнозів і т.д.

Тут слід розуміти, що неможливо отримати зовсім вільний від помилок 100%-но точний прогноз. Цього не дозволяє сучасний стан прогностики і навряд чи буде реалізовано коли-небудь в майбутньому. Але це не має означати неможливість отримання корисної інформації від прогнозів і недоцільність їх побудови та використання.

2. Усі типи технік прогнозування, незалежно від того, чи базуються вони на обробці статистичних даних спеціальними методами, чи на думці окремого експерта, є екстраполяційними за своєю суттю. Це означає, що прогнози будуються на виявлених в минулому тенденціях розвитку. Саме тому виникає одна з найбільших проблем сучасної прогностики – обмежена можливість методів прогнозування передбачити в прогнозному періоді структурні (системні) зміни у тенденціях розвитку або у співвідношеннях між різними економічними процесами. Як показує практика, не існує методів, які б у довгостроковій перспективі стабільно давали точні прогнози глобальних змін краще за інших. Розуміння цього факту є також фундаментальним для оцінки можливостей та обмежень прогнозування.

3. Не існує універсальних методів, які б дозволяли отримувати більш-менш якісні прогнози, наприклад, обсягів продажу для довільної фірми за будь-яких умов. Вибір техніки прогнозування повинен спиратися перш за все на детальний аналіз поточної ситуації як всередині фірми, так і зовнішнього її середовища, а також історії її розвитку. Наприклад, не можна стверджувати “Задача отримання прогнозу продажу фірми вирішується застосуванням методу експоненційного згладжування”. Таке ствердження буде справедливим, але тільки в досить обмеженій кількості випадків.

4. Кожна техніка прогнозування спирається на певні припущення, що спрощують економічні реалії і дозволяють відкинути надлишкову інформацію та спростити спосіб отримання розрахункових результатів. Наприклад, факторні моделі, які будуть розглянуті пізніше, передбачають, що досліджуваний економічний процес, наприклад, обсяг продажу фірми, на протязі досить значного періоду змінюється в середньому за однією й тією ж певною закономірністю. Очевидно, не для кожної економічної задачі є припустимим використання такої методики, зокрема тоді коли прогнозисту наперед відомо, що характер динаміки

процесу не має певної вираженої тенденції або має на досліджуваному інтервалі часу змінну тенденцію.

З іншого боку, одна і та ж методика може бути успішно запроваджена для різних типів задач – при умові коректного її використання. Розуміння механізму дії тієї чи іншої техніки прогнозування, усвідомлення її сильних та слабких сторін є ключем до формування рішення щодо можливостей її застосування в реальних ситуаціях.

Прогнозування служить базою для:

*економічного програмування* – розробки державних документів, у яких передбачається здійснення окремо взятої частини плану розвитку країни або окремих галузей. За своїм змістом програми бувають науково-технічні, соціальні, житлові; за рівнем управління – програми дій уряду, національні, міжрегіональні, регіональні, цільові, комплексні.

*макроекономічного планування* як механізму державного регулювання – цілеспрямованої діяльності щодо забезпечення динамічного розвитку суспільства, визначення основних параметрів економіки в майбутньому періоді й досягнення їх з найменшими витратами суспільної праці. Макроекономічне планування передбачає розробку й обґрунтування планових показників, які характеризують розвиток економіки в майбутньому, визначають взаємовідносини підприємницьких структур з державою, використовуючи важелі економічного впливу (податки, ліміти, квоти, державні замовлення та ін.).

## 1.2. Роль прогнозування в процесі прийняття управлінських рішень

Деякі спеціалісти в галузі управління поряд із загальновідомими функціями управління (планування, організація, регулювання (координація), контроль, облік, аналіз, мотивація), як окрему функцію виділяють також прогнозування.

Всі елементи управління знаходяться в неперервному взаємозв'язку, створюючи замкнений цикл діяльності підприємства (рис. 1.1).

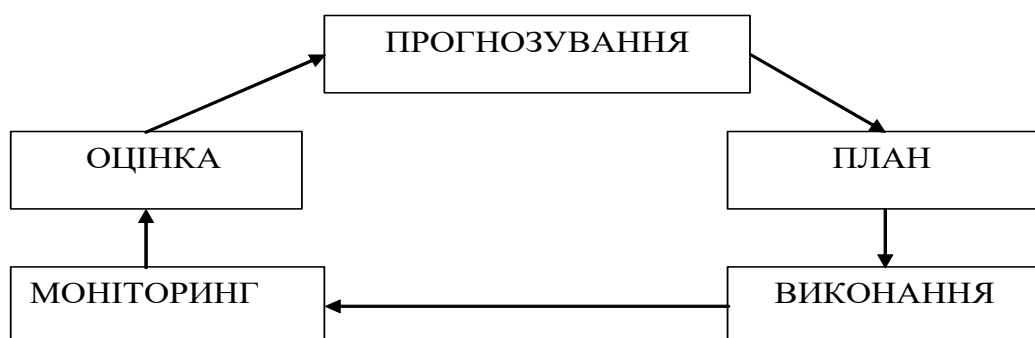


Рисунок 1.1 – Цикл прийняття рішень у діяльності підприємства

Згідно наведеної схеми прогнозування розглядається як дослідницька основа конкретного плану, а з іншого боку – як оцінка наслідків планових рішень і ступеня виконання плану на кінець планового періоду. В цьому відображається неперервність процесу прогнозування.

Взагалі найбільш типовими “споживачами” результатів прогнозування є дві функції управління: планування і контроль (моніторинг). Планування і прогнозування досить тісно пов’язані у тому сенсі, що будь-яке планування спирається на результати прогнозування. Прогнозування в загальному випадку використовується для передбачення (опису) того, що станеться при певних обставинах. Планування ж використовує результати прогнозування, щоб забезпечити прийняття найкращого рішення про найбільш привабливу для організації альтернативу. Таким чином, прогноз намагається описати, що станеться, тоді як план базується на понятті, що здійснюючи певні дії, менеджер фірми (відповідного рангу) може впливати на послідовні події в певній ситуації і таким чином впливати на фінальні результати в бажаному напрямку.

Прогнозування є “вхідним” потоком інформації і для функції контролю, що реалізується через моніторинг діяльності фірми на різних рівнях: від операційного до стратегічного. Очікувані результати діяльності фірми порівнюються з тими, що мали місце насправді. Проводиться детальний аналіз причин їх розбіжностей. Часто це допомагає виявити проблеми або “вузькі” місця, що стримують розвиток фірми і не дозволяють досягти або затримують досягнення визначених цілей. Ця інформація є основою для поточного коригування планів у відповідності до змін, що відбуваються у самій фірмі та її зовнішньому середовищі.

В управлінні виробництвом основним процесом є прийняття рішення. Рішення – це по суті вибір альтернативи. Рішення можуть прийматися як в умовах визначеності, так і в умовах невизначеності. В умовах визначеності результат рішення відомий, а в умовах невизначеності – результат далеко невідомий. В галузі економіки рішення, як правило, приймається в умовах невизначеності. Задача прогнозування і планування в системі управління якраз і полягає в тому, щоб за допомогою певної інформації, на скільки це можливо, зменшити рівень невизначеності.

Прогнозування за своєю суттю є неперервним процесом. Сучасні фірми здійснюють дослідження ринків на підставі системи неперервної обробки інформації. Це дозволяє вдосконалювати і уточнювати прогнози діяльності усіх основних функціональних сфер фірми в умовах зовнішніх факторів, що постійно змінюються, нових даних і нових явищ, що з’являються в процесі виконання плану (табл. 1.1).

Прогнозування – органічна частина процесу планування і тому його слід розглядати як всю сукупність передпланових досліджень, що мають мету визначити ті задачі, які повинні бути вирішені в наступному періоді, і найкращі шляхи та засоби вирішення цих задач.

Прогноз – це своєрідна розвідка майбутнього з урахуванням досвіду минулого і сучасного. Вивчення минулого і сучасного необхідно для виявлення стійких тенденцій, можливих змін багатьох показників, що дозволяє більш обґрунтовано забезпечити планування найважливіших показників діяльності підприємства. Прогнози ніби створюють наукову базу для планування, і плани в свою чергу повинні ґрунтуватися на висновках економічних прогнозів. Таким чином, прогнози служать основним з видів інформаційного забезпечення внутрішньофірмового планування.

Таблиця 1.1 – Орієнтовний опис сфер прогнозування за функціями різних організаційних одиниць фірми для різних часових меж

Організаційна функція	Часовий горизонт			
	Оперативний період (менш за 1 місяць)	Короткостроковий період (1-3 місяці)	Середньостроковий період (3 місяці – 2 роки)	Довгостроковий Період (2 роки і більше)
1	2	3	4	5
Маркетинг	Продажі продукції кожного типу за географічним регіоном та за типом споживача, конкуренції, цінової стратегії	Загальні продажі, товарні категорії, основні товари, товарні групи, ціни	Загальні продажі, товарні категорії, ціни, загальні економічні умови	Загальні продажі, основні товарні категорії, введення нових продуктів, підтримка існуючих продуктів, споживацькі очікування та смаки
Виробництво	Попит на кожний продукт, завантаження окремих виробництв	Загальний попит, попит на товарні категорії і товарні групи, виконання плану, рівень зайнятості, витрати	Витрати, розподіл бюджету, купівля чи ремонт машин і обладнання, рівень зайнятості	Витрати, інвестування, розширення виробництва та наявного обладнання, ремонт машин та обладнання, попит на виробничі потужності, нові технології
Запаси	Попит на виробництво кожного продукту, попит на матеріали та напівфабрикати, погодні умови	Попит на матеріали та напівфабрикати, попит на продукти, можливі страйки	Можливі страйки у постачальників чи на транспортних лініях	Загальні продажі, розширення складів
Фінанси і облік	Доходи з продажу, виробничі витрати, витрати на запаси, грошові вхідні та вихідні потоки	Загальний попит, рівень запасів, грошові потоки, короткостроковий борг, ціни	Розподіл бюджету, грошові потоки	Загальні продажі, вибір інвестицій, витрати на капітал, розподіл ресурсів, програми управління капіталом, грошові потоки
Закупівлі	Виробництво, наявність грошових коштів, закупівлі матеріалів	Попит на продукцію і на матеріали, оптимальний час для закупівель	Попит на продукцію, попит на сировину та матеріали	Контракти на закупівлю сировини та матеріалів, споживацькі очікування та смаки
Дослідження та розвиток продукції			Введення нового продукту	Загальні продажі, технологічні, соціальні, політичні та економічні умови майбутнього, новий розвиток продукту

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
Топ-менеджмент		Загальні продажі, порушення продажу, цінові стратегії	Попит на продажі, витрати, стан грошових потоків, загальні економічні умови, цілі контролю	Загальні продажі, витрати, соціальні і економічні тренди, цілі та стратегії, нові продукти, цінові політики
Економічна служба		Рівень економічної активності	Загальні економічні умови, поворотні точки в економіці, рівень економічної активності	Держава і тип економіки, рівень економічної активності, продажі галузей
Служба аналізу зовнішнього середовища	Ціни, пропозиції, погодні умови		Доступні технології	Сфери технологічних інновацій, доступні технологічні можливості
			Соціальні відносини	Соціальні тренди, сфери соціальної згоди
		Доступність грошей, процентні ставки	Фіскальна та монетарна політика	Тренди в рівні оподаткування, амортизації
	Ціни, просування продажу	Ціни, вибір реклами, просування продажу, введення нового продукту	Розвиток нових продуктів	Капітальні інвестиції, нові технології, можливості конкурентів
	Погодні умови	Погодні умови	Врожай	Загальні обмеження середовища (рівень забруднення, доступність сировини і матеріалів і т.д.)

Багато фірм в наш час складають не один “жорсткий” варіант плану, а як мінімум три: мінімальний, оптимальний, максимальний. Мінімальний план визначає діяльність при найнесприятливішому розвитку подій; оптимальний – при “нормальному”; максимальний – при найбільш сприятливому. Багатоваріантний план дає можливість чітко реагувати на зміни зовнішнього середовища.

Багатоваріантність планування зумовлює велика кількість варіантів і критеріїв прогнозування. Прогноз повинен відповідати на питання: “Що, якщо ...?”, а не бути одноваріантним. Тільки при наявності альтернативних варіантів прогнозу накопичується достатньо матеріалу для всебічного і обґрунтованого вибору того чи іншого шляху розвитку і прийняття оптимальних планових рішень.

Незважаючи на органічний взаємозв'язок між прогнозом і планом існують суттєві відмінності.

1. Прогноз може існувати самостійно, незалежно від плану. План без прогнозу не може бути складений на належному рівні, бо він в такому випадку

втрачає якісну та кількісну обґрунтованість.

2. Прогноз – це лише гіпотеза. Він не примушує спеціаліста приймати на його підставі рішення. План, навпаки, хоча і не є в ринкових умовах законом, “залізним” декретом, передбачає той чи інший ступінь зобов’язань для тих, хто покликаний його виконувати як програму дій.

3. Прогноз не містить таких юридичних обов’язків для окремих суб’єктів господарської діяльності, а може відбивати точку зору дослідницького колективу і навіть окремого спеціаліста.

4. Прогноз може містити оцінку можливих альтернатив, навіть варіанти, які взаємовиключаються. В плані це неприпустимо, в ньому розробляється система конкретних заходів. В плані окремі прогнозні оцінки повинні концентруватись, уточнюватись, взаємопов’язуватись.

5. Прогнозування покликано виконувати двосторонню задачу: з одного боку, базуючись на минулому і сучасному, подати картину як близького так і далекого майбутнього, а з іншого боку, виробити основи сьогоденної діяльності з урахуванням наукового передбачення. План, що базується на даних прогнозу, орієнтований лише на майбутнє.

Прогнозування повинно орієнтуватись на практичні потреби планування, ось чому результати прогнозних оцінок слід наблизити до прийнятої в плануванні періодизації.

### **1.3. Етапи прогнозування**

Найбільш часто виділяють наступні вісім кроків прогнозування.

1. Визначення користі прогнозу.
2. Добір об’єктів, що будуть прогнозуватися.
3. Визначення часових меж прогнозу.
4. Збір даних, необхідних для прогнозу.
5. Підбір моделі (моделей) прогнозування.
6. Обґрунтування (оцінювання) моделі прогнозування.
7. Виконання прогнозу.
8. Контроль результатів.

Перших три етапи ще називають *вибором типу прогнозної техніки*. На цьому етапі слід визначитися, на що буде покладатися прогноз, щоб досягти мети поставленої задачі: на експертні оцінки або на кількісні техніки; наскільки повно будуть враховуватися інші фактори; чи треба зосереджуватись тільки на історичному минулому досліджуваної проблеми, тощо. Вибираючи техніку прогнозування, слід перш за все відповісти на запитання:

- Чому цей прогноз є потрібним?
- Хто буде використовувати цей прогноз?
- Які властивості доступних даних?
- Який часовий період має бути спрогнозовано?
- Якою є мінімальна потреба в даних?
- Наскільки точним має бути прогноз?
- Скільки коштів потребує побудова прогнозу?

Визначення прогнозної техніки визначає у значній мірі наступні дії

прогнозіста.

*Збір та підготовка даних* до наступного використання (коригування, уточнення, сортування та ін.) є часто найбільш складним і трудомістким етапом побудови прогнозу. Якщо дані виявляться некоректними або невідповідними до вимог, прогноз також буде некоректним.

*Вибір типу моделі* означає, що в рамках вибраної техніки знаходиться відповідний тип моделі, яка може бути використана для зібраних даних. Наявний досвід показує, що чим простіша модель, тим частіше вона використовується на практиці. І річ не тільки у тому, що простіші моделі більш зрозумілі. Часто більш складні модельні конструкції здатні забезпечити лише незначне збільшення точності прогнозу у порівнянні з менш складними процедурами, одночасно суттєво поступаючись останнім у витратах часу і коштів на їх створення.

*Оцінювання моделі* означає, що за зібраними даними будується відповідна модель обраного на попередньому етапі типу. Типова стратегія оцінювання моделі наступна:

*Крок 1.* Множина наявних статистичних даних ділиться на 2 частини: базову частину для оцінювання та тестову (перевірочну) частину.

*Крок 2.* Будується модель по базовій частині.

*Крок 3.* Отримана на попередньому кроці модель використовується для побудови прогнозу на тестовій частині. Розраховуються та оцінюються помилки прогнозування.

*Крок 4.* Приймається рішення про модель. Це може бути рішення про використання моделі в поточній формі, чи про модифікацію моделі, чи про побудову прогнозу за допомогою іншої моделі та порівнянні результатів, або про відхилення моделі та спробу отримати відповідь іншим чином.

*Побудова прогнозу* – це використання вибраної моделі для прогнозування майбутніх величин досліджуваних змінних.

#### **1.4. Вимоги до вихідних даних для побудови прогнозів**

Однією з найбільш складних і тривалих у часі частин прогнозування є збір достовірних та якісних даних. Прогноз не може бути більш точним, ніж дані, на яких він побудований. У вік колосальних можливостей комп'ютерних технологій накопичено великі об'єми самої різноманітної інформації, але менеджери, що намагаються прийняти рішення, все ще мають значні проблеми з пошуком потрібних даних, оцінкою їх якості і попередньою обробкою для подальшого використання при прогнозуванні.

Основні вимоги до вихідних даних:

- вони мають бути надійними та точними;
- вони мають бути репрезентаційними, тобто мають давати досить точну уяву про досліджуваний об'єкт;
- вони мають бути послідовними впродовж усього історичного періоду;
- вони мають бути своєчасними.

Необхідна для прогнозування інформація може бути отримана з різнорідних джерел. Розрізняють первинні і вторинні джерела даних.

*В якості первинних джерел даних* може бути використана внутрішня

інформація фірми, наприклад, дані з інформаційної бази про витрати сировини і матеріалів, об'єми поставок, заробітну плату тощо. Це також може бути зовнішня інформація безпосередньо від споживачів, дистриб'юторів або економістів–експертів, отримана в результаті оглядів, персональних інтерв'ю, опитувань.

*Вторинні джерела даних* – це вже опубліковані дані, зібрані не для конкретного дослідження чи складання прогнозу, а з іншою метою. Вони отримуються з органів державної статистики, приватних організацій, спеціалізованих на зборі інформації (рейтингові та консалтингові агенції, тощо), комп'ютерних баз даних.

Первинні джерела інформації містять більш повні та достовірні дані, ніж вторинні.

При складанні прогнозу треба визначитися не тільки з тим, які саме дані потрібні, але й скільки спостережень необхідно для того, щоб прогноз був достовірним. Відомо, що чим більше залучено спостережень, тим кращі статистичні властивості буде мати побудована модель, і відповідно, тим кращим буде зроблений за її допомогою прогноз. Найбільш часто вважають, що для достовірного прогнозу треба мати не менш ніж 25-30 спостережень, але такі довгі часові ряди є рідкістю в економіці, особливо для річних даних. Як вихід можна запропонувати деталізацію річних даних, наприклад, використання щомісячної або щоквартальної інформації. Проте в цьому випадку треба пам'ятати про необхідність врахування сезонності, яку не приймають до уваги при річних даних.

Інша проблема, яка безпосередньо пов'язана з вибором вихідної інформації, є проблема браку чи неповноти статистичних даних. Іноді досить просто сконструювати модель для прогнозу економічного процесу з теоретичної точки зору, але статистичні дані, потрібні для її реалізації, не існують в потрібному для моделі вигляді. В такому разі використовуються симптоматичні зв'язки, що існують між економічними процесами. В модель замість тієї змінної, дані з якої недоступні, вводять так звану проксі-змінну або просто проксі (*proxy*). Типовим прикладом такої ситуації є побудова моделі, де однією з змінних є розмір фірми. Безпосередньо його врахувати неможливо, тому найчастіше використовують такі проксі, як кількість зайнятих працівників або обсяг обороту фірми. Часто в ролі проксі-змінної виступає час – для зображення змін розвитку науково-технічного процесу, для зображення змін моди, смаків, поглядів споживачів і т.д.

Окремим випадком змінних проксі є так звані штучні змінні або фіктивні даммі-змінні (*dummy*). Найчастіше вони приймаються як 1 або 0, але взагалі можливі й інші їх значення. Використовуються вони, як правило, щоб описати в моделі вплив факторів, які важко чи неможливо врахувати кількісно, але які тим не менш можна досить легко ідентифікувати і які суттєво впливають на досліджуваний процес. Ними можуть бути, наприклад, номери місяців (кварталів) для відображення місячних сезонних коливань продажу фірми, освіта працівників фірми (наприклад, працівник з вищою освітою враховується із значенням “1”, а працівник без неї із значенням “0”), дані про належність фірми до певного району міста (кожен район отримує свій “номер”), різноманітна інформація про споживачів, наприклад стать (“1”, якщо споживач – жінка, і “0” – якщо чоловік).



## ТЕМА 2. ФУНКЦІЇ, ПРИНЦИПИ ТА МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ

- 2.1. Функції прогнозування
- 2.2. Принципи прогнозування
- 2.3. Класифікація прогнозів та їх коротка характеристика
- 2.4. Методи прогнозування, їх класифікація

### 2.1. Функції прогнозування

Головні функції економічного прогнозування такі:

1. Науковий аналіз економічних, соціальних, науково-технічних процесів і тенденцій.

Ця функція за змістом передбачає три стадії:

- ретроспективу (погляд у минуле) – етап, на якому досліджується історія розвитку об'єкта для одержання його систематизованого опису;
- діагностику – етап, на якому досліджуваний об'єкт аналізується з метою виявлення тенденцій його розвитку і вибору методів та моделей прогнозування;
- проєкцію – етап, на якому за даними діагностики розробляється прогноз, здійснюється оцінка його вірогідності, точності та обґрунтованості.

2. Дослідження об'єктивних зв'язків соціально-економічних явищ господарського розвитку в конкретних умовах – здійснюється через виявлення в них причинно-наслідкових зв'язків. При цьому враховується невизначеність, що зумовлює ймовірність дії економічних законів, неповноту їх знання, наявність суб'єктивного фактора при прийнятті рішень, неповноту і недостатню надійність інформації.

3. Оцінка сформованого рівня розвитку конкретної ситуації і виявлення тенденцій, які можуть скластися у майбутньому, передбачення нових ситуацій та їхня оцінка;

4. Виявлення можливих альтернатив розвитку економіки у перспективі.

5. Нагромадження наукового матеріалу для обґрунтування вибору управлінських рішень.

### 2.2. Принципи прогнозування

Для виконання зазначених функцій економічне прогнозування повинне ґрунтуватися на певних принципах, а саме: цілеспрямованості, системності, наукової обґрунтованості, альтернативності, адекватності, багаторівневого описання.

*Цілеспрямованість* означає змістовну характеристику системи під кутом зору поставлених перед дослідженням завдань, що дозволяє вирішити проблему невизначеності.

Принцип *системності прогнозування* означає, що, з одного боку, економіку розглядають як єдиний об'єкт, а з іншого, – як сукупність порівняно самостійних напрямів (блоків) прогнозування. Цей підхід передбачає побудову прогнозу на підставі системи методів і моделей. Системність означає певну черговість

використання моделей для формування прогнозу економічного і соціального розвитку країни, регіону, галузі тощо.

*Наукова обґрунтованість* означає, що в економічних прогнозах усіх рівнів потрібно враховувати вимоги об'єктивних економічних законів, вітчизняний та іноземний досвід формування прогнозів. Наукова обґрунтованість прогнозу не сумісна з ігноруванням реальних умов та особливостей економіки.

Принцип *альтернативності* прогнозування ґрунтується на потребі побудови альтернатив у разі передбачення майбутнього розвитку об'єкта прогнозування, на можливості існування якісно різних варіантів розвитку.

*Адекватність* прогнозу об'єктивним закономірностям характеризує не тільки процес виявлення, а й оцінку стійких тенденцій і взаємозв'язків у розвитку економіки та створення теоретичного аналога реальних економічних процесів з їхньою повною і точною імітацією. Для цього потрібно, щоб методи і моделі, які використовують під час формування прогнозів, пройшли експериментальну перевірку щодо точності у визначенні змісту процесів, які прогнозують.

Принцип *багаторівневого описання* передбачає, що суб'єкт має бути описаний, по-перше, як елемент більш широкої системи, по-друге, як цілісне явище, по-третє, як певна складна структура, внутрішню будову якої необхідно уявити з достатніми подробицями для досягнення цілей досягнення. Тобто три – це мінімально необхідна кількість рівнів опису системи. В реальному прогнозуванні до уваги береться значно більша кількість рівнів.

Принцип *інформаційної єдності* – застосування інформації на одному рівні узагальнення і цілісності ознак.

Принцип *послідовного розв'язання невизначеності* передбачає, що в процесі прогнозування треба рухатися від виявлення цілей та умов, що склалися, до визначення можливих напрямків розвитку економіки.

### **2.3. Класифікація прогнозів та їх коротка характеристика**

Важливе теоретичне і практичне значення має науково обґрунтована типологія (класифікація) прогнозів, яка будується в залежності від різних критеріїв і ознак. До числа найбільш важливих з них відносяться:

- масштаб прогнозування;
- час (горизонт, термін) прогнозування;
- характер об'єкта;
- функції прогнозу;
- можливість впливання на хід процесу прогнозування;
- ступінь імовірності майбутніх подій;
- спосіб представлення результатів;
- розподіл ймовірності та ін.

1. За *масштабом прогнозування* розрізняють:

- макроекономічні прогнози (народногосподарські);
- мікроекономічні прогнози (на рівні підприємств, об'єднань).

Між зазначеними рівнями можна виділити і проміжні рівні, які являються об'єктами прогнозування (міжгалузеві і галузеві прогнози, регіональні прогнози і прогнози окремих народногосподарських комплексів тощо).

Наприклад, менеджер фірми може бути зацікавлений у прогнозуванні чисельності робітників, потрібних на наступні кілька місяців (мікропрогноз), тоді як уряд прогнозує загальну кількість зайнятих робітників в цілій країні (макропрогноз). Знову ж таки, різні рівні менеджменту в організації фокусуються на різних рівнях мікро- та макроієрархії. Керівник фірми може бути зацікавлений у прогнозуванні продажу всієї компанії, тоді як персональні продавці – в прогнозуванні їх власних обсягів продажу.

2. За *періодом (горизонтом)* – проміжком часу, на який розробляється прогноз, розрізняють:

- оперативні (поточні);
- короткострокові;
- середньострокові;
- довгострокові;
- дальньострокові.

*Оперативні прогнози* (горизонт часу не більше місяця) використовуються для прийняття рішень в умовах, що склалися, без спроби, як правило, змінити ці умови. Невизначеність в результаті короткострокового періоду часу незначна. Методи, які використовуються для розробки оперативних прогнозів, повинні бути простими і недорогими.

*Короткострокові прогнози* (до 1 року) використовуються при розробці квартальних і річних планів. Невизначеність тут дещо вища в порівнянні з оперативним прогнозуванням. Особа, яка приймає рішення, може активно впливати на хід процесів, які відбуваються.

*Середньостроковий прогноз* (до 3 років) частіше всього складається щорічно і уточнюється в поточному півріччі. На етапі середньострокового прогнозування розробляються прогнози оптимального розміщення ресурсів на підставі попереднього прогнозування попиту, пропозиції і умов конкуренції. Середньостроковий прогноз враховує не тільки кількісні, але і якісні зміни. Прогнози складаються з використанням декількох методів з наступним вибором на підставі прийнятих оцінок найбільш прийняттого.

*Довгостроковий прогноз* (до 5 років) використовується для розробки стратегічних планів. Для нього характерне використання комбінації кількісних і якісних методів прогнозування.

*Дальньострокові прогнози* (понад 5 років) складаються на перспективу. На цей період очікуються значні якісні зміни, і тому робляться тільки загальні висновки про очікувані зміни.

Зазначена градація прогнозів за часом (горизонтом) є відносною і залежить від характеру об'єкта дослідження і цілей прогнозу, оскільки стосовно часового поділу прогнозів однозначної думки не існує. Наприклад, іноді в літературі

доводиться бачити, що до короткострокових відносять прогнози до півроку і навіть до трьох місяців.

Середньострокові, довгострокові і дальнострокові прогнози мають три властивості, що відрізняють їх від короткострокових та оперативних:

а) вони розглядають питання, що вимагають більш глибокого пророблення і підтримують рішення менеджера у відношенні планування товарів, розвитку підприємств і процесів. Впровадження деяких рішень про підприємства, таких як, наприклад, відкриття нового заводу з виробництва автоматики, може займати від п'яти до восьми років від початку до завершення;

б) короткострокове прогнозування, на відміну від довгострокового, звичайно використовує інші (як правило, математичні) методи;

в) прогнози з меншим часовим періодом мають тенденцію бути більш точними, ніж довгострокові. Фактори, що впливають на попит, змінюються кожен день, тобто при збільшенні часових меж точність прогнозу буде зменшена.

### 3. За об'єктами дослідження розрізняють:

- *економічні прогнози* – наукове передбачення основних напрямків розвитку економічної системи або її окремих елементів. Воно ґрунтується на вивченні закономірностей розвитку різних економічних явищ і процесів, виявляє найбільш імовірні альтернативні шляхи їх розвитку і дає базу для вибору та обґрунтування економічної політики як окремого підприємства, так і держави в цілому.

#### Розрізняють:

- прогнози ресурсів (природних ресурсів, запасів природної сировини і стану природного середовища);
- прогнози розвитку економіки (галузей економіки або народногосподарських комплексів, динаміки, темпів і факторів економічного зростання, міжгалузевих структурних зрушень, розміщення продуктивних сил);
- прогнози суспільних потреб (виробничих, особистих, загальнодержавних потреб, підвищення життєвого рівня населення).
- прогнози попиту – це передбачення попиту на товари і послуги компанії;
- і т.п.;

- *науково-технічні прогнози* стосуються рівня розвитку науково-технічного прогресу, який приводить до народження нових товарів, що вимагають нових видів устаткування, технологій тощо;

- *соціально-політичні прогнози* дають інформацію про можливі ситуації й розташування політичних сил усередині країни, їхні соціально-економічні, зовнішньоекономічні та військово-політичні наслідки;

- *демографічні прогнози* стосуються прогнозування руху (міграції) населення країни та регіонів, відтворення трудових ресурсів за статевовіковим складом, рівня зайнятості працездатного населення, кваліфікації професійного складу;

- *зовнішньоекономічні прогнози* базуються на аналізі кон'юнктури і тенденцій розвитку світового ринку, визначають можливості країни в експорті

наукомісткої конкурентоспроможної продукції та необхідному імпорту інвестиційної й споживчої продукції;

- *зовнішньополітичні прогнози* дають інформацію про можливі політичні відносини з іншими країнами;

- *військово-стратегічні прогнози* містять інформацію щодо ймовірних конфліктів із іншими країнами, можливих воєнних блоків інших країн, а також стосовно можливих воєнних блоків і договорів за участю своєї країни;

- *кримінологічні прогнози* – це висновки, які отримують у результаті прогнозування, тобто судження про майбутній рівень, структуру і динаміку злочинності, а також про небезпеку вчинення злочину конкретною особою.

4. За *функціонально-методичною ознакою* розрізняють:

- дослідницькі (пошукові) прогнози;

- нормативні прогнози;

- прогнози, засновані на творчому баченні.

*Дослідницький (пошуковий) прогноз* базується на інерційній системі, тобто на припущенні про збереження в прогнозованому періоді закономірностей і тенденцій, що склалися в минулому. Такий прогноз ніби абстрагується від можливих радикальних змін. Прогнозування починається від сьогоднішнього дня, спирається на наявну інформацію і поступово проникає в майбутнє.

Пошукове прогнозування може бути двох видів:

- традиційним, чи екстраполятивним;

- новаторським – альтернативним.

*Екстраполятивний* підхід припускає, що економічний та інший розвиток відбувається гладко і безупинно, тому прогноз може бути простою проекцією (екстраполяцією) минулого в майбутнє. Цей підхід означає, по-перше, оцінку минулих показників діяльності фірми і тенденцій їх розвитку і, по-друге, перенесення цих тенденцій у майбутнє.

Таким чином, головне припущення екстраполятивного підходу в прогнозуванні полягає у визнанні того, що в діапазоні ключових інтересів фірми сили минулого в стані контролювати майбутнє.

*Альтернативний підхід* виходить з того, що зовнішнє і внутрішнє середовище бізнесу піддається постійним змінам, і внаслідок цього:

- розвиток фірми відбувається не тільки гладко і неперервно, але й стрибкоподібно і перервно;

- існує визначене число варіантів майбутнього розвитку фірми.

Таким чином, у рамках альтернативного підходу, по-перше, створюються прогнози, що включають взаємодію різних варіантів розвитку обраних показників і явищ. По-друге, альтернативне прогнозування може поєднувати в єдиній логіці два способи розвитку – гладкий і стрибкоподібний, створюючи синтетичну картину майбутнього.

*Нормативне (нормативно-цільове) прогнозування* – визначає шляхи і строки (терміни) досягнення заздалегідь намічених цілей. У рамках нормативного прогнозування спочатку визначаються загальні цілі і стратегічні орієнтири на

майбутній період часу, а потім менеджери оцінюють розвиток фірми, виходячи з цих цілей.

Найчастіше нормативний підхід використовується тоді, коли фірма не володіє необхідними вихідними (історичними) даними.

Прогнозування, засноване на *творчому баченні* майбутнього, використовує суб'єктивне знання прогнозіста, його інтуїцію. Часто прогнози такого роду мають форми «утопій» чи «антиутопій».

5. За *можливістю впливання на хід процесу* розрізняють активні прогнози (передбачає можливий вплив па хід процесу через фактори) і пасивні прогнози (можливість впливу виключається).

6. Прогнози поділяються на варіантні й інваріантні в залежності від *ступеня імовірності майбутніх подій*.

Якщо імовірність прогнозованих подій велика, чи, іншими словами, фірма розраховує на високий ступінь визначеності майбутнього середовища, то прогноз містить у собі тільки один варіант розвитку, тобто є *інваріантним*. Звичайно інваріантний прогноз ґрунтується на екстраполятивному підході, тобто простому продовженні сформованої тенденції.

*Варіантний* прогноз заснований на припущенні про значну невизначеність майбутнього середовища і, отже, наявності декількох ймовірних варіантів розвитку. Кожний з варіантів розвитку враховує специфічний стан майбутнього середовища фірми і, виходячи з цього, визначає основні параметри даного бізнесу. Такого роду варіант майбутнього стану фірми називають *сценарієм*.

7. Прогнози поділяються за *способом представлення результатів* на точкові і інтервальні.

Точковий прогноз припускає, що даний варіант включає єдине значення прогнозованого показника. Наприклад: через 6 місяців ціни на певний товар виростуть на 10%.

Інтервальний прогноз – це таке передбачення майбутнього, у якому пропонується деякий інтервал, діапазон значень прогнозованого показника. Наприклад: через 6 місяців ціни на певний товар виростуть на 10-15%.

8. За розподілом ймовірності прогнози поділяються на *симетричні і асиметричні*. Наприклад, у випадку, коли в абсолютному вимірі похибка прогнозу складає 8%, реально можливі два варіанти +8% або -8%. В окремих випадках різниці між позитивним і негативним значеннями нема (прогноз симетричний). Проте на практиці це не завжди так. Наприклад, у випадку, коли прогноз складався для обсягів продажу, його зростання швидше, ніж очікувалося (+8%), є добрим, але якщо продажі зростають більш повільними темпами, ніж очікувалося (-8%), може відбутися катастрофа (прогноз асиметричний).

Інший істотний момент, на який слід звернути увагу – присутність в прогнозі людського фактора. В багатьох компаніях практикуються як суттєві винагороди за перевищення плану (премії тощо), так і штрафи за невиконані

завдання (включаючи перспективу втрати роботи). В таких ситуаціях багато плановиків свідомо буде занижувати прогнозний рівень.

#### **2.4. Методи прогнозування, їх класифікація**

*Методи прогнозування* – це сукупність прийомів і способів мислення, які дають змогу на підставі аналізу ретроспективних, зовнішніх і внутрішніх даних, а також характеру їх змін за певний період зробити висновки про вірогідність можливого розвитку об'єкта у майбутньому.

В наш час, за різними оцінками, нараховується понад 200 методів прогнозування. Однак на практиці, в основному, використовуються не більше 20-ти.

Методи прогнозування, як і самі прогнози, можна класифікувати за різними ознаками.

За використовуваними інформаційними джерелами всі методи поділяються на три класи:

- *фактографічні;*
- *експертні;*
- *комбіновані.*

*Фактографічні методи* базуються на фактичній інформації про об'єкт прогнозування і його минулий розвиток.

*Експертні методи* засновані на думках експертів у даній галузі знань з наступною обробкою отриманих результатів з метою виявлення основних критеріїв і тенденцій, властивих об'єкту.

*Комбіновані* – методи зі змішаною інформаційною основою.

Близькою до зазначеної є класифікація методів за ступенем формалізації. Згідно цієї ознаки виділяють *інтуїтивні* і *формалізовані* методи, в основу яких покладено два основних підходи до прогнозування: перший – це якісний підхід; другий – кількісний підхід (кількісний аналіз).

*Якісні або суб'єктивні прогнози* ґрунтуються на використанні таких важливих факторів, як інтуїція прогнозиста, його емоції, особистий досвід. Якісний підхід включає низку методів під загальною назвою “експертні”.

*Кількісні прогнози* передбачають використання математичного апарату, з допомогою якого на основі минулих даних і випадкових перемінних можна прогнозувати майбутній стан об'єкта. У групу формалізованих методів прогнозування входять дві підгрупи: *екстраполяції тенденцій і моделювання*.

На практиці найбільш ефективними є, звичайно, комбінація або змішування двох стилів.

Кожен з названих підходів має свої переваги і недоліки за конкретних умов.

Кількісні методи аналізу, основані на базовому принципі – екстраполяції минулого в майбутнє, мають істотне підґрунтя і спираються на одну з найважливіших властивостей економічних процесів – інерційність. Економічні процеси інерційні за своєю природою: наприклад, припинення рекламної кампанії не призведе до негайного зменшення продажу, і навпаки, якщо об'єм продажу фірми складав 100 од. в цьому році, навряд чи від складатиме 10000 од. в майбутньому році.

Разом з тим, кількісні прогнози мають більш обмежену здатність до прогнозування глобальних змін у тенденціях розвитку певних явищ і подій. Спираючись на стійкі алгоритми виявленої тенденції (в статистичних термінах – тренду), що мала місце раніше, вони працюють тільки у випадку, коли майбутнє на період побудови прогнозу (прогнозний період) розвивається за тими ж закономірностями, що й минуле. У випадку, коли все ж таки очікуються істотні зміни, людські судження можуть виявитися більш корисними. Але оскільки експертні оцінки також базуються на спостереженні за існуючими трендами і змінами у цих трендах, вони також мають істотну погрішність. Їх перевага полягає в тому, що вони можуть ідентифікувати глобальні зміни швидше і інтерпретувати їх вплив на майбутнє. Проти експертних методів також свідчать окремі факти: в них не останню роль відіграє досвід особи, що оцінює майбутні зміни; експерту найбільш ймовірним видається бажаний розвиток майбутнього і т.п.

Чисельні автори книг та публікацій з прогнозування економічних процесів згодні в тому, що не існує кращих або гірших методів прогнозування. Особливість роботи з економічними процесами є такою, що іноді більш простий метод дає кращі, надійніші прогнозні результати, ніж більш складний і трудомісткий, який потребує значних обчислень і об'ємів інформації. Доцільність використання того чи іншого методу для конкретної задачі визначається тим, наскільки специфіка цієї техніки, обумовлена перш за все закладеними в її основу припущеннями, співпадає з характером задачі та потребами його кінцевого споживача – менеджера певного рівня.

Вибір методу прогнозування залежить від таких факторів:

- цілей прогнозу, його завдань;
- періоду, на який формується прогноз;
- специфіки об'єкта прогнозування;
- вірогідності і повноти вхідної та вихідної інформації;
- обмежуючих факторів прогнозування (ресурсів, алгоритмів, програм тощо).

Коло застосування основних класів методів прогнозування приблизно може бути наступним:

Вид прогнозу	Клас методів прогнозування		
	екстраполяційні	моделювання	експертні
Короткостроковий	+	+	+
Середньостроковий	-	+	+
Довгостроковий	-	-	+



## ТЕМА 3. МЕТОДИ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ

- 3.1. Суть та різновиди експертних методів прогнозування
- 3.2. Метод “інтерв’ю”
- 3.3. Аналітичний метод експертного прогнозування
- 3.4. Метод написання сценаріїв
- 3.5. Підбір експертів

### 3.1. Суть та різновиди експертних методів прогнозування

В управлінні виробництвом трапляються випадки, коли інформаційний масив надмірно обмежений або зовсім відсутній. Разом з тим при недостатності чи взагалі відсутності інформації розробка прогнозу не тільки не виключається, а навпаки, стає особливо актуальною і практично важливою, току що таким чином можна понизити рівень невизначеності та підвищити достовірність управлінських рішень. Особливо складні проблеми виникають, коли необхідно дати перспективні оцінки якісно новим процесам і явищам, які раніше не траплялись в суспільному житті і про які, природно, відсутня будь-яка інформація.

Можливість вирішення названих проблем, навіть в умовах відсутності теоретичних обґрунтувань, досягається за рахунок умілого використання досвіду, інтуїції та знань спеціалістів, вчених, що працюють над розв'язанням відповідних проблем: науково-дослідними роботами, впровадженням розробок і т.д.

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

Використання математичних і статистичних прийомів за цих методів зведено до мінімуму, натомість пріоритет надається методиці евристики (сукупність прийомів оцінки явищ за допомогою навідних питань). Планові показники визначаються на основі експертних оцінок. Вирішальними при цьому є досвід, інтуїція, суб'єктивні очікування, освіта експертів, відповідальних за складання прогнозів. Експертами до процесу прогнозування залучаються, як правило, керівники структурних підрозділів і провідні фахівці. Доцільним є також залучення до процесу опитування зовнішніх експертів, наприклад нинішніх і потенційних клієнтів, дистриб'юторів тощо.

В основі використання експертних методів лежать глибокі знання спеціалістів та вміння узагальнити свій та світовий досвід досліджень та розробок по певній проблемі; гіпотеза про наявність у експерта так званої “практичної мудрості”, далекоглядності, що стосується певної галузі знань і практичної діяльності; вміння, що приходить в процесі певних видів діяльності, оцінити достатньо достовірно важливість і значення напрямків дослідження, термінів прояву тієї чи іншої події, важливість того чи іншого параметру, процесу (явища) і т.д.

Сутність експертних оцінок полягає в проведенні експертами інтуїтивно-логічного аналізу проблеми з кількісною оцінкою суджень і формальним опрацюванням результатів. Отримана в результаті узагальнена думка приймається

як вирішення проблеми (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.

Методи експертних оцінок в прогнозуванні використовуються в таких випадках:

- коли інформаційний матеріал, який характеризує розвиток об'єкта у минулому, недостатній;
- в умовах значної невизначеності середовища, де функціонує об'єкт;
- при дефіциті часу або в екстремальних умовах;
- при складанні середньо- та довгострокових прогнозів, особливо для об'єктів, які можуть зазнати докорінних змін (наприклад, наукові відкриття).

Перелік практичних ситуацій, за яких застосовуються експертні методи прогнозування, умовно можна розділити на два класи. До першого класу відносяться проблеми, щодо яких є достатній інформаційний матеріал, який служить надійною базою для прийняття обґрунтованих рішень. Основні проблеми при такій експертній оцінці полягають в підборі експертів, побудові раціональних процедур опитування й застосуванні оптимальних методів обробки отриманих результатів. При цьому методи опитування й обробки ґрунтуються на використанні принципу “гарного” вимірника. Даний принцип означає, що:

- експерт є сховищем великого обсягу раціонально обробленої інформації, і тому він може розглядатися як якісне джерело інформації;
- групова думка експертів близько до оптимального рішення проблеми.

Якщо ці гіпотези вірні, то для побудови процедур опитування й алгоритмів обробки можна використовувати результати теорії ймовірності і математичної статистики.

До другого класу можна віднести проблеми, у відношенні яких інформаційний потенціал знань недостатній для впевненості в справедливості обраних гіпотез. При вирішенні проблем цього класу експертів уже не можна розглядати як “гарних вимірників”. Тому необхідно дуже обережно проводити обробку результатів експертизи. Застосування методів усереднення, справедливих для “гарних вимірників”, у цьому випадку може привести до значних помилок. Наприклад, думка одного експерта, що сильно відрізняється від думок інших експертів, може виявитися правильною. У зв'язку із цим для проблем другого класу повинна застосовуватися якісна обробка.

Перелік сфер застосування методів експертних оцінок досить широкий. Найбільш типові завдання, для яких можна застосовувати зазначені методи:

- визначення найбільш ймовірних інтервалів часу здійснення певної сукупності подій;
- складання переліку можливих подій у різних галузях за певний проміжок часу;

- визначення цілей і завдань управління з упорядкуванням їх по ступені важливості;
- визначення альтернативних варіантів рішень завдання з оцінкою їхньої переваги;
- альтернативний розподіл ресурсів для рішення завдань із оцінкою їхньої переваги;
- альтернативні варіанти прийняття рішень у певній ситуації з оцінкою їх переваги.

Методи, що основані на використанні експертних оцінок, діляться на дві групи:

- індивідуальні (персональні) експертні оцінки;
- колективні (групові) експертні оцінки.

Поділ на методи індивідуальних та колективних експертних оцінок проводиться залежно від того, розробляється прогноз на основі висновків одного експерта чи групи експертів.

Індивідуальні експертні оцінки основані на використанні думок спеціалістів в певній сфері незалежно один від одного. Методи індивідуальних експертних оцінок в свою чергу діляться на метод “інтерв’ю”; аналітичний метод; метод написання сценарію та інші.

Суттєвим недоліком методу індивідуальних експертних оцінок є те, що далеко не кожний експерт бере на себе відповідальність самостійно дати оцінку складним явищам (процесам) без урахування думки інших експертів.

При необхідності прогнозу оцінки складних проблем, особливо тих, що знаходяться на стику різних сфер знань, застосовують колективні (групові) методи експертних оцінок.

Колективні експертні оцінки передбачають:

- по-перше, підготовку і збір індивідуальних експертних оцінок;
- по-друге, статистичні методи обробки отриманих матеріалів.

Переваги цих методів:

- при колективному мисленні вища точність результату;
- раціональні ідеї можуть виникнути також і на етапі обробки індивідуальних оцінок, які дають експерти.

Серед колективних методів експертних оцінок доцільно виділити методи колективної експертної комісії і колективної генерації ідей, метод Дельфі, метод “синектика”. Зазначений перелік у разі потреби можна значно розширити.

Незважаючи на відмінність, методи індивідуальних та колективних експертних оцінок мають ряд загальних процедур при їх використанні, наприклад:

- визначення необхідних і достатніх умов для оцінки спеціаліста як експерта;
- оцінка характеристик експерта;
- організація форм проведення експертизи;
- вибір методів стимулювання експертів;
- вибір методів обробки експертної інформації;
- верифікація результатів експертизи.

Цікаво, але досвід прогнозистів показує, що коли історичні дані є

доступними, модифікування експертами результатів розрахунків веде до втрати точності прогнозування. Це пояснюється занадто великим оптимізмом експертів або недооцінкою невизначеності майбутнього. Також досвід показує, що використання експертної компоненти в процесі прогнозування збільшує витрати на побудову прогнозу.

Від прогнозування за методом експертних оцінок треба відрізнити так зване прогнозування, яке широко використовується в соціології, політології, маркетингу та інших сферах. Останнє базується на репрезентативних даних, отриманих в результаті опитування респондентів в випадковому порядку.

### **3.2. Метод “інтерв’ю”**

Метод “інтерв’ю” є найпростішим прийомом експертного прогнозування, який проводиться з метою виявлення сильних і слабких сторін підприємства, можливих резервів, існуючих тенденцій, тощо. Він передбачає бесіду організатора експертизи (прогнозиста) з спеціалістом-експертом в певній галузі знання, що проводиться згідно з раніше розробленою програмою. Прогнозист безпосередньо опитує спеціаліста про майбутній стан підприємства і його середовища. Цей метод вимагає від експерта вміння швидко, фактично експромтом, давати якісні відповіді на поставлені запитання. Переваги даного методу полягають у простоті, швидкості опитування, можливості корегувати запитання в ході опитування; недоліки – в тому, що у експерта мало часу на обдумування відповідей, а результат залежить, насамперед, від кваліфікації однієї людини та від її вміння чітко відповісти на поставлені запитання.

Інколи може проводитися одночасне опитування декількох експертів, однак у цьому випадку є небезпека втрати їх самостійності і, крім того, створюється загроза перетворити інтерв’ю в дискусію.

За змістом (але не за формою) даний метод дуже схожий з методом очного анкетування. Анкетування полягає в пред’явленні експертові 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 прогнозувальної діяльності немає.

### **3.3. Аналітичний метод експертного прогнозування**

*Аналітичний метод (метод аналітичних доповідних записок)* передбачає самостійну довгострокову та ретельну роботу експерта над аналізом ділової ситуації, над поставленими запитаннями, що дозволяє використовувати необхідну інформацію для оцінки тенденції, шляхів розвитку прогнозованого об’єкта, явища або процесу. Результати своєї роботи експерт оформляє у вигляді аналітичної записки.

В аналітичному методі інколи для виявлення важливості проблем і рішень використовують переваги і ранги. При використанні *методу переваг* експерт повинен перенумерувати можливі варіанти, способи і т.п. в порядку зростання пріоритету, поставивши 1 найважливішому критерію, 2 – менш важливому і т.д.

При застосуванні *методу рангів* експертові пропонується розмістити

варіанти на шкалі, яка має визначене число поділок (наприклад, від 0 до 10). При цьому дозволяється розміщувати варіанти (способи) у проміжних точках між поділками, а також на одну поділку шкали можна поставити кілька варіантів.

### **3.4. Метод написання сценаріїв**

З методів індивідуальних експертних оцінок найбільш широкую популярність в останні десятиліття одержав *метод складання сценаріїв*.

Вперше термін “сценарій” був ужитий в 1960 р. при розробці картин майбутнього, необхідних для вирішення стратегічних питань у військовій галузі.

*Сценарій* – це опис (картина) майбутнього, складений з урахуванням правдоподібних припущень. Написання сценарію – це метод прогнозування, що намагається встановити логічну послідовність подій, щоб показати, як з існуючої ситуації може крок за кроком розгортатись майбутній стан об’єкта чи системи. Призначення сценарію полягає в тому, щоб дати оцінки альтернативним варіантам розвитку об’єкта в майбутньому і не доводити його до кризового стану.

Як правило, для прогнозу ситуації характерне існування визначеної кількості ймовірних варіантів розвитку. Тому прогноз звичайно містить у собі декілька сценаріїв. У більшості випадків це три сценарії: оптимістичний, песимістичний і середній – найбільш ймовірний, очікуваний.

Сценарії розробляються для визначення рамок майбутнього розвитку:

- технології;
- ринкових сегментів;
- країн, регіонів і т.д.

На рівні підприємства сценарій розробляється в процесі довгострокового планування. Значне часове охоплення припускає посилення невизначеності бізнесу, і тому для сценарію, як правило, характерні деяка невірогідність і підвищена кількість помилок. Оскільки визначення кількісних параметрів майбутнього утруднене (так, наприклад, важко точно визначити величину продажів продукції через 5 років), при складанні сценаріїв частіше використовуються інтервальні прогнози показників.

Для більш точного прогнозу необхідно скорочувати інтервал між сьогоднішнім днем і закінченням прогнозу. Так, якщо прогноз складається в 2011 році для 2017 р., то період прогнозування доцільно розділити на два етапи по 3 роки: спочатку розробити сценарій розвитку до 2014 року, а вже потім до 2017 року.

Разом з тим сценарій припускає комплексний підхід до його розробки, крім якісних можуть використовуватися кількісні методи: економіко-математичні, моделювання, аналіз перехресного впливу, кореляційний аналіз і т.д.

Складання сценарію, звичайно, відбувається у декілька етапів.

Перший етап. *Структурування і формулювання питання.*

Проблема, обрана для аналізу, повинна бути визначена настільки точно, наскільки це взагалі можливо. На даному етапі повинна бути зібрана і проаналізована вся базова інформація. Поставлена задача повинна бути погоджена з усіма учасниками проекту. Необхідно виявити усі внутрішні проблеми проекту.

Другий етап. *Виявлення критично важливих факторів середовища організації та їх майбутнього розвитку.*

На цьому етапі необхідно виділити критичні моменти середовища бізнесу й оцінити їхній можливий стан у майбутньому та їхній вплив на майбутнє організації, виходячи з намічених фірмою цілей.

Показники майбутнього стану не повинні бути надмірно оптимістичними, амбіційними.

Для сфер, розвиток яких може включати декілька варіантів, майбутній стан повинен бути описаний за допомогою декількох альтернативних показників (наприклад, організацію влаштовує, щоб чисельність населення в регіоні збільшилася на 2, 3 або 5%).

Третій етап. *Формування і групування припущень.*

Якщо на попередньому етапі визначали майбутній стан середовища і його вплив на організацію, виходячи з власних цілей, то на третьому етапі можливий розвиток різних факторів впливу визначається, виходячи з їхнього сьогоденного стану і всіляких можливих змін, як позитивних, так і негативних.

Різні альтернативні припущення про майбутній стан найбільш визначальних компонентів середовища групуються. Групування звичайно здійснюється за допомогою комп'ютерних програм.

Четвертий етап. *Зіставлення намічених показників майбутнього стану сфер впливу з припущеннями про їхній розвиток.*

На цьому етапі зіставляються результати двох попередніх етапів. Завищені чи занижені показники другого етапу коректуються за допомогою даних, отриманих на третьому етапі.

Так, якщо організація на другому етапі прогнозувала збільшення народжуваності в регіоні в 2015 р. на 5%, а аналіз на третьому етапі показав, що відбудеться погіршення економічної кон'юнктури, екологічної обстановки, можливі політичні і соціальні колізії, то на четвертому етапі показник 5% повинен бути зменшений, наприклад, до 3%.

П'ятий етап. *Введення в аналіз руйнівних подій.*

Руйнівна подія – це раптовий інцидент, що не був раніше прогнозований і котрий може змінити напрямок тенденції.

Руйнівні події можуть мати як негативний характер (повені, землетруси, аварії атомних реакторів і т.д.), так і позитивний (технологічні прориви, політичні примирення між колишніми супротивниками і т.д.).

З можливих руйнівних подій потрібно виділити ті, котрі здатні найбільш сильно вплинути на об'єкт прогнозування, і врахувати їх при складанні сценаріїв (наприклад, на стан народжуваності в регіоні можуть вплинути, по-перше, аварія на атомній станції, по-друге, імовірність локального міжетнічного конфлікту, по-третє, відкриття нового родовища корисних копалин. Однак реальним є вплив лише першої події).

Шостий етап. *Встановлення наслідків.*

На цьому етапі зіставляються стратегічні проблеми організації (наприклад, можливість росту за рахунок більш широкого освоєння ринку) і обрані варіанти розвитку середовища. Визначається характер і ступінь впливу тих чи інших

варіантів розвитку на стратегічні ділянки дій організації.

Сьомий етап. *Вживання заходів.*

Цей етап передбачає втілення заходів, що впливають з попередніх етапів.

Якість сценаріїв визначається за такими критеріями:

1. Сценарій має бути змістовним, тобто показувати, як внутрішні суперечності процесів чи явищ впливають на формування прогресивних (негативних) тенденцій у системі, для якої сценарій складається (підприємстві, організації, галузі тощо), як можуть змінюватись кількісно та якісно характеристики цієї системи та результати її діяльності під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів. Ці тенденції надають інформацію про те, що система має зробити певні зміни в своїй структурі та механізмах діяльності з метою використання нових можливостей та пом'якшення загроз, які виникають. Цей підхід у теоретичних роботах дістав назву діалектичного, оскільки базується на твердженні про неможливість розвитку без суперечностей і утруднень, які, в свою чергу, є джерелами розвитку будь-якого процесу чи явища.

2. Сценарій має бути достовірним. Будь-який висновок мусить бути обґрунтований, побудований на достовірних припущеннях та інформації, а не повинен відбивати лише бажання особи, яка сценарій розробляє.

3. Для більш ґрунтовного опису очікуваних подій, доцільно розробляти систему сценаріїв, що різняться переліком припущень і взаємодією факторів, досліджуваних у сценарії.

### **3.5. Підбір експертів**

Точність та надійність прогнозів, розроблених на основі експертних оцінок, в першу чергу визначається складом експертів, їх професіоналізмом, обсягом знань, ерудованістю.

В цілому проблема підбору експертів для проведення експертизи вирішується в два етапи:

- підбір власне самих експертів;
- формування з виявлених експертів робочої групи.

Виявлення потенційних експертів здебільшого залежить від поставленої мети дослідження. Якщо складання прогнозу орієнтовано на потреби тільки окремої організації (підприємства) і вимагає при цьому глибокого знання її історії, господарської політики, виробничих особливостей, то доцільно використовувати експертів самих організацій. Перевагу треба віддати тим спеціалістам, що мають вільний час, бажання та високий професіоналізм. Слід остерігатись залучення керівників верхнього ешелону влади, оскільки їх думка, як правило, чинить тиск на спеціалістів, що знаходяться на декілька щаблів нижче по службовому положенню.

Якщо ж прогноз вимагає широких знань в певній сфері, то спеціалістів слід шукати за межами організації. Підбір експертів за цих умов значно ускладнюється. Вирішити таку проблему можна різними способами. Якщо на підприємстві (організації) є хоча б один спеціаліст в даній галузі знань, то його можна попросити назвати експертів зі сторони. Інший шлях передбачає вибір

експертів на основі аналізу літературних джерел по прогнозованій проблемі за наявністю публікацій в даній галузі. При цьому можна офіційно звернутися до кількох з виявлених таким чином експертів з проханням назвати, на їх думку, найбільш компетентних в даній сфері спеціалістів.

Сформований список експертів можна вважати генеральною сукупністю спеціалістів, компетентних в даній сфері знань. Використовувати ж їх усіх в проведенні експертизи недоцільно та практично неможливо. Тому з загального списку потрібно сформувати репрезентативну вибірку.

Відібрані спеціалісти повинні відповідати таким вимогам:

- експерт повинен бути визнаним спеціалістом в даній сфері;
- експерт має бути обізнаним не тільки в даній сфері, а також в суміжних сферах;
- оцінки експерта мають бути відносно стабільні в часі, на всіх етапах експертизи;
- експерт повинен мати деякий досвід успішних прогнозів в даній сфері знань або хоча б взагалі досвід прогнозування;
- експерт повинен мати широкий кругозір, ерудицію, бачити перспективи.

При проведенні індивідуальних експертних оцінок до експерта висуваються більш суворі вимоги, ніж до експертів, що входять до складу групи. Пояснюється це більш високою відповідальністю експерта індивідуальної оцінки при формулюванні остаточних висновків.

При формуванні експертної групи необхідно вирішити дві важливі проблеми: визначити число членів експертної групи та оцінити компетентність експертів.

Кількість експертів, включених до експертної групи, може сягати 150 чоловік. Число експертів істотно впливає на точність групової оцінки. Зменшення числа експертів веде до зниження точності прогнозу, тому що на кінцеві результати значно впливає кожен експерт. Збільшення числа експертів хоча і підвищує, як правило, точність прогнозу, однак ускладнює організацію проведення експертизи, продовжує строки її проведення в часі. Тому при виборі числа експертів потрібен компроміс між точністю та трудомісткістю роботи, часом проведення експертизи.

Нижня оцінка чисельності груп експертів залежить від числа напрямків оцінюваних подій. По кожному напрямку в групі не повинно бути менше 3-6 експертів, причому кожний напрямок повинен бути представлений рівним числом експертів.

Найбільш компетентних експертів можна обирати за допомогою різних методів. Документальний метод дозволяє визначити компетентність експерта за формальними даними – за вченим ступенем і званням, посадою, стажем роботи у відповідній галузі, тощо. Експериментальний метод враховує ефективність роботи експертів у попередніх опитуваннях. Метод самооцінки дозволяє визначити компетентність експерта в залежності від його відповідей на питання: чи займався він цією проблемою спеціально, або знайомий з нею тільки по спеціальній літературі, чи має саму загальну уяву і т.п. Інколи експертові пропонується проставити оцінку своєї компетенції у балах по десятибальній шкалі. Компетентність окремих експертів також може бути визначена експертами в групі. Для цього кожен експерт, що входить у групу, задає вагові коефіцієнти всім



іншим експертам, крім себе. Оцінка компетентності кожного експерта визначається як середньоарифметична.

Очевидно, що компетентність експерта не завжди знаходиться у відповідності до його наукового статусу, зафіксованого документально, або до його самооцінки. Досвід показує, що вибір слід здійснювати шляхом комбінування різних методів. При цьому до складу експертної групи слід включати спеціалістів різного віку, з різних організацій і бажано з різних географічних точок.

Правила опитування експертів повинні забезпечувати об'єктивність думок експертів. До числа умов, що забезпечують формування об'єктивних оцінок, варто віднести:

- надання експертам необхідної інформації;
- простота й зручність роботи з передбаченими анкетами, що досягається насамперед однозначністю запитань;
- відповідність запитань структурі об'єкта опитування;
- незалежність формування експертами власної думки;
- прийнятні витрати часу, зручний час одержання запитань і видачі відповідей;
- збереження, у разі потреби, анонімності відповідей для членів експертної групи;
- колективні обговорення оцінюваних подій.

Для виконання цих умов повинні бути розроблені спеціальні правила організації роботи експертної групи. Експертні групи для спеціальних методів, таких, як “Дельфі”, “синектика”, а також організатори цих опитувань й обслуговуючий персонал повинні пройти спеціальну підготовку.

## ТЕМА 4. МЕТОДИ КОЛЕКТИВНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ В ЕКОНОМІЧНОМУ ПРОГНОЗУВАННІ

4.1. Метод колективної експертної комісії

4.2. Метод колективної генерації ідей

4.3. Метод Дельфі

4.4. Метод “синектика”

### 4.1. Метод колективної експертної комісії

Метод “комісії” передбачає визначення погодженої думки експертів про перспективні напрямки розвитку об’єкта прогнозування.

Перш за все створюється група укладачів прогнозу (робоча група), яка забезпечує підготовку й проведення опитування, обробку матеріалів і аналіз результатів експертної оцінки, а саме:

- уточнює головні напрями розвитку об’єкта;
- будує матрицю, у якій відображена генеральна мета, підцілі та засоби їх досягнення;
- розробляє перелік запитань для експертів, забезпечуючи однозначність їх розуміння;
- здійснює підбір групи експертів.
- проводить опитування й обробку матеріалів;
- визначає остаточний результат опитування, що виводиться або як середнє судження, або як середнє арифметичне, або як середнє зважене значення оцінки.

Кількість експертів може сягати 50-ти, а інколи і 150-ти чоловік, залежно від складності об’єкта прогнозування.

Експерти погоджують свою думку про стан будь-якого процесу (явища, об’єкта в майбутньому або про шляхи і методи досягнення цілей у відкритій дискусії, найчастіше за круглим столом, що дозволяє впливати одному на одного таким чином, щоб компенсувати помилки.

Експертів опитують з метою отримати відповідь на поставлені питання у вигляді оцінок ймовірного варіанту розвитку подій (при цьому найпоширенішою є таблична форма). Питання формують за певною структурно-ієрархічною схемою (від складних до простих, від загальних до поодиноких).

Заповнені експертами таблиці використовують для узагальнень думок з кожного запропонованого питання.

Статистичне опрацювання даних колективної експертної оцінки прогнозів – це сукупність оцінок відносної важливості, поставлених кожним спеціалістом кожному з оцінюваних напрямів досліджень. Оцінки важливості виражають у балах, вони можуть набувати значень, наприклад, від нуля до одиниці або від нуля до десяти і т.п. Підсумкову оцінку визначають шляхом опрацювання окремих думок експертів.

Припустимо, що у колективному опитуванні взяли участь  $m$  експертів. Вони дали свою оцінку з  $n$  запропонованих для оцінки напрямів досліджень.  $C_{ij}$  – оцінка (у балах)  $i$ -м експертом  $j$ -го напрямку досліджень.

Під час опрацювання матеріалів оцінки важливості з певного питання зводять у таблицю, рядки якої відповідають напрямкам досліджень, а стовпці – експертам (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Матриця оцінки важливості напрямів досліджень

Напрямки досліджень ( $j$ )	Експерти ( $i$ )			
	1	2	...	$m$
1	$C_{11}$	$C_{21}$	...	$C_{m1}$
2	$C_{12}$	$C_{22}$	...	$C_{m2}$
...	...	...	...	
$n$	$C_{1n}$	$C_{2n}$	...	$C_{mn}$

Статистична обробка даних колективних експертних оцінок здійснюється за такими показниками:

- 1) показники узагальненої думки групи експертів;
- 2) показники ступеня узгодженості думок експертів;
- 3) показник активності експертів;
- 4) показник компетентності експертів.

Розрахунок показників узагальненої думки групи експертів здійснюється через визначення середньостатистичного значення оцінок ( $M_j$ ) та суми рангів оцінок за  $j$ -напрямком ( $S_{Rj}$ ).

Середнє статистичне значення оцінок  $j$ -го напрямку визначається за формулою:

$$M_j = \sum C_{ij} / m_j, \quad (4.1)$$

де  $C_{ij}$  – оцінка відносної важливості (у балах)  $j$ -го напрямку, зроблена  $i$ -им експертом;

$m_j$  – кількість експертів, які приймали участь в оцінці  $j$ -го напрямку.

Для обґрунтування важливості того чи іншого напрямку слід врахувати наступне: чим більше значення  $M_j$ , тим більша важливість розвитку  $j$ -го напрямку.

Сума рангів ( $S_{Rj}$ ) отриманих за  $j$ -им напрямком, визначається наступним чином:

а) проводиться ранжування за спадом оцінок, поданих кожним експертом. При цьому, кожна оцінка описується числом натурального ряду. Число 1 надається максимально можливій оцінці, а  $n$  – мінімальній. Відповідні числа є рангами оцінок  $i$ -го експерта заданим напрямком  $R_{ij}$ . Якщо серед оцінок, даних експертами, є однакові, то їм призначається однаковий ранг, рівний середньому арифметичному відповідних чисел натурального ряду. Такі ранги називають пов'язаними рангами.

б) обчислюється сума рангів, отриманих за  $j$ -им напрямком:

$$S_{Rj} = \sum_{i=1}^{m_j} R_{ij}. \quad (4.2)$$

При порівнянні напрямків за  $S_{Rj}$  найбільш важливим слід вважати напрямок, який характеризується найменшим значенням  $S_{Rj}$ .

Результати розрахунків доцільно подати у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Сума рангів, отриманих за даними напрямками розвитку

Напрямки досліджень ( $i$ )	Експерти ( $i$ )										Сума рангів ( $S_{Rj}$ )
	1		2		3		4		5		
	Бали	Ранги	Бали	Ранги	Бали	Ранги	Бали	Ранги	Бали	Ранги	
1											
2											
...											
n											

Показники ступеня узгодженості думок експертів включають розрахунки коефіцієнтів варіації та конкордації.

Коефіцієнт варіації ( $V_j$ ) оцінок, даних  $j$ -му напрямку, визначається за формулою:

$$V_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{m_j} (C_{ij} - M_j)^2 / m_j}}{M_j}. \quad (4.3)$$

Чим менше значення  $V_j$ , тим більш узгодженими є думки експертів про відносну важливість  $j$ -го напрямку.

Коефіцієнт конкордації ( $W$ ) є показником ступеня узгодженості думок експертів про відносну важливість сукупності всіх запропонованих для оцінки напрямків розвитку. Розраховується наступним чином:

а) обчислюється середнє арифметичне ( $\overline{S_{Rj}}$ ) з сумарних рангованих оцінок, отриманих за всіма напрямками:

$$\overline{S_{Rj}} = \frac{\sum_{j=1}^n S_{Rj}}{n}, \quad (4.4)$$

де  $n$  – кількість заданих напрямків;

б) обчислюється відхилення ( $d_j$ ) суми рангів від середнього значення, отриманих за  $j$ -им напрямком:

$$(d_j = S_{Rj} - \overline{S_{Rj}}). \quad (4.5)$$

Потім підсумовується сума квадратів різниць  $\sum_{i=1}^n d_j^2$  за всіма напрямками;

в) розраховується показник ( $T_j$ ) пов'язаних (рівневих) рангових оцінок, даних експертами за  $j$ -м напрямком:

$$T_j = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l), \quad (4.6)$$

де  $L$  – кількість груп однакових (пов'язаних) рангів;

$t_l$  – кількість пов'язаних рангів в  $l$ -тій групі.

Наприклад, якщо за напрямком є два однаково присвоєних ранги, то

$$L = 1, t_l = 2, \text{ а } T_l = 2^3 - 2 = 6;$$

якщо за напрямком 2 є три однаково присвоєних ранги, то

$$L = 1, t_l = 3, \text{ а } T_l = 3^3 - 3 = 24.$$

Якщо всі ранги для напрямку різні, то  $T_i = 0$ .

г) визначається коефіцієнт конкордації:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^n d_j^2}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{j=1}^n T_j}, \quad (4.7)$$

де  $n$  – кількість напрямків дослідження;

$m$  – загальна кількість експертів, які приймали участь в оцінці всіх напрямків.

Коефіцієнт конкордації змінюється в межах від 0 до 1. Зростання коефіцієнта від 0 до 1 відповідає збільшенню ступеня узгодженості думок експертів.

*Показник активності експертів* ( $K_{ej}$ ) визначається за формулою:

$$K_{a_{ej}} = \frac{M_j}{m}. \quad (4.8)$$

Чим більше значення  $K_{a_{ej}}$ , тим більш активним є експерт в оцінці  $j$ -го напрямку.

*Оцінка компетентності експертів* ( $K_{kei}$ ) здійснюється за формулою:

$$K_{k_{ei}} = \frac{K_{a.e} + K_{з.н}}{2}, \quad (4.9)$$

де  $K_{a.e}$  – коефіцієнт аргументованості відповіді експерта;

$K_{з.н}$  – коефіцієнт знайомства з проблемою.

Основна перевага методу комісії полягає в тому, що до складу групи входять спеціалісти, які добре обізнані на певній проблематиці, тому їх сукупний обсяг знань перевищує кількість інформації, якою володіє будь-який із спеціалістів групи, інакше кажучи, група спеціалістів виробляє більше “розумової” енергії, ніж один спеціаліст.

Як приклад, розглянемо ситуацію, коли на основі зроблених групою з 9-ти експертів оцінок відносної важливості заданих прогнозних напрямків виробничого, технологічного, інвестиційного, інноваційного, соціального розвитку підприємства необхідно обґрунтувати та обрати найбільш оптимальний, використавши при цьому наступні показники статистичної обробки даних експертного опитування:

- показники узагальненої думки групи експертів;
- показники ступеня узгодженості думок експертів;
- показник активності експертів;
- показник компетентності експертів з кожного прогнозованого напрямку розвитку.

Оцінки важливості всіх 5-ти напрямків розвитку, надані експертами у балах за шкалою від 0 до 100, наведені в табл. 4.3, а коефіцієнти аргументованості

відповіді експертів та їх знайомства з проблемою за шкалою від 0 до 1 – в табл. 4.4.

Таблиця 4.3 – Матриця оцінок відносної важливості напрямків розвитку

Напрямки розвитку (j)	Експерти (m), оцінки (C <sub>ij</sub> )								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
виробничий	50	80	70	70	100	65	90	60	70
технологічний	100	60	80	70	80	90	80	90	90
інвестиційний	80	90	70	100	-	60	60	100	80
інноваційний	80	70	-	65	80	50	-	90	100
соціальний	-	50	100	90	70	80	60	70	60

Таблиця 4.4 – Коефіцієнти знайомства з проблемою та аргументованості відповіді експертів

Коефіцієнти	Експерти (m)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Аргументованість відповіді (K <sub>д.в</sub> )	0,4	0,8	0,5	0,9	0,6	0,9	0,7	0,6	0,3
2. Знайомство з проблемою (K <sub>з.п</sub> )	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,6	0,9	0,8

Показники узагальненої думки групи експертів.

1) Середнє статистичне значення оцінок за формулою 4.1:

$$M_1 = \frac{50 + 80 + 70 + 70 + 100 + 65 + 90 + 60 + 70}{9} = 72,78 ;$$

$$M_2 = \frac{100 + 60 + 80 + 70 + 80 + 90 + 80 + 90 + 90}{9} = 82,22 ;$$

$$M_3 = \frac{80 + 90 + 70 + 100 + 60 + 60 + 100 + 80}{8} = 80 ;$$

$$M_4 = \frac{80 + 70 + 65 + 80 + 50 + 90 + 100}{7} = 76,43 ;$$

$$M_5 = \frac{50 + 100 + 90 + 70 + 80 + 60 + 70 + 60}{8} = 72,5 .$$

2) Результати ранжування за спадом оцінок, поданих кожним експертом, зведені у таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Ранги для даних напрямків розвитку

Напрямки розвитку (j)	Експерти (m), оцінки (C <sub>ij</sub> )																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги
Виробничий	50	9	80	3	70	5	70	5	100	1	65	7	90	2	60	8	70	5
Технологічний	100	1	60	9	80	6	70	8	80	6	90	3	80	6	90	3	90	3
Інвестиційний	80	4,5	90	3	70	6	100	1,5	-		60	7,5	60	7,5	100	1,5	80	4,5
Інноваційний	80	3,5	70	5	-		65	6	80	3,5	50	7	-		90	2	100	1
Соціальний	-		50	8	100	1	90	2	70	4,5	80	3	60	6,5	70	4,5	60	6,5

При цьому слід врахувати, що для виробничого напрямку 5-м експертом надано максимальну оцінку у 100 балів. Їй присвоюється ранг 1. Для оцінки 7-го експерта 90 балів присвоюється ранг 2, для оцінки 2-го експерта 80 балів – ранг 3. Оцінка у 70 балів виставлена трьома експертами 3-м, 4-м і 9-м. Ці оцінки, відповідно, займають 4-6 місця, а їх ранг буде рівний середньому арифметичному відповідних чисел

$$\frac{4+5+6}{3} = 5.$$

Для оцінок інших експертів: 65 балів – ранг 7, 60 балів – ранг 8, 50 балів – ранг 9.

Сума рангів, отриманих за кожним напрямком, за формулою 4.2:

$$S_{R_1} = 9 + 3 + 5 + 5 + 1 + 7 + 2 + 8 + 5 = 45;$$

$$S_{R_2} = 1 + 9 + 6 + 8 + 6 + 3 + 6 + 3 + 3 = 45;$$

$$S_{R_3} = 4,5 + 3 + 6 + 1,5 + 7,5 + 7,5 + 1,5 + 4,5 = 36;$$

$$S_{R_4} = 3,5 + 5 + 6 + 3,5 + 7 + 2 + 1 = 28;$$

$$S_{R_5} = 8 + 1 + 2 + 4,5 + 3 + 6,5 + 4,5 + 6,5 = 36.$$

Сума рангів, отриманих за всіма напрямками:

$$S_R = 45 + 45 + 36 + 28 + 36 = 190.$$

*Показники ступеня узгодженості думок експертів.*

1) Коефіцієнт варіації для кожного напрямку за формулою 4.3:

$$V_1 = \frac{\sqrt{((50 - 72,78)^2 + (80 - 72,78)^2 + (70 - 72,78)^2 + \dots + (90 - 72,78)^2) / 9}}{72,78} = 0,2;$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{((100 - 82,22)^2 + (60 - 82,22)^2 + (80 - 82,22)^2 + \dots + (90 - 82,22)^2) / 9}}{82,22} = 0,14;$$

$$V_3 = \frac{\sqrt{((80 - 80)^2 + (90 - 80)^2 + (70 - 80)^2 + \dots + (80 - 80)^2) / 8}}{80} = 0,19;$$

$$V_4 = \frac{\sqrt{((80 - 76,43)^2 + (70 - 76,43)^2 + (65 - 76,43)^2 + \dots + (100 - 76,43)^2) / 7}}{76,43} = 0,2;$$

$$V_5 = \frac{\sqrt{((50 - 72,5)^2 + (100 - 72,5)^2 + (90 - 72,5)^2 + \dots + (60 - 72,5)^2) / 8}}{72,5} = 0,22.$$

Таким чином, можна зробити висновок, що найвищий ступінь узгодженості думок експертів отримано при оцінці важливості для підприємства технологічного напрямку розвитку, а найнижчий – при оцінці соціального.

Для розрахунку коефіцієнта конкордації спершу потрібно:

а) за формулою 4.4 знайти середнє арифметичне з сумарних рангованих оцінок, отриманих за всіма напрямками:

$$\overline{S_{Rj}} = \frac{45 + 45 + 36 + 28 + 36}{5} = 38;$$

б) за формулою 4.5 знайти відхилення суми рангів, отриманих за кожним напрямком, від середнього значення:

$$d_1 = 45 - 38 = 7; \quad d_2 = 45 - 38 = 7; \quad d_3 = 36 - 38 = -2;$$

$$d_4 = 28 - 38 = -10; \quad d_5 = 36 - 38 = -2;$$

Сума квадратів різниць за всіма напрямками:

$$\sum_{i=1}^n d_j^2 = 7^2 + 7^2 + (-2)^2 + (-10)^2 + (-2)^2 = 206;$$

в) за формулою 4.6 знайти показник пов'язаних (рівневих) рангових оцінок, даних експертами за кожним напрямком.

За даними табл. 4.5:

- для напрямку 1

$$L=1 (5; 5; 5); t_{11} = 3; T_1 = (3^3 - 3) = 24;$$

- для напрямку 2

$$L=2 (3; 3; 3); (6; 6; 6); t_{12} = 3; t_{13} = 3; T_2 = (3^3 - 3) + (3^3 - 3) = 48;$$

- для напрямку 3

$$L=3 (4,5; 4,5); (1,5; 1,5), (7,5; 7,5), t_{14} = 2; t_{15} = 2; t_{16} = 2;$$

$$T_3 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 18;$$

- для напрямку 4

$$L=1 (3,5; 3,5); t_{17} = 2; T_4 = (2^3 - 2) = 6;$$

- для напрямку 5

$$L=2 (4,5; 4,5), (6,5; 6,5); t_{18} = 2; t_{19} = 2; T_5 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12.$$

Сумарний показник пов'язаних (рівневих) рангових оцінок:

$$\sum_{j=1}^n T_j = 24 + 48 + 18 + 6 + 12 = 108.$$

г) за формулою 4.7 знайти коефіцієнт конкордації:

$$W = \frac{12 \cdot 206}{9^2 \cdot (5^3 - 5) - 9 \cdot 108} = 0,28.$$

Оскільки значення коефіцієнта конкордації далеке від 1, то це свідчить про слабку узгодженість думок експертів.

Показник активності експертів (за формулою 4.8):

$$Ka_{e1} = \frac{72,78}{9} = 8,09; \quad Ka_{e2} = \frac{82,22}{9} = 9,14; \quad Ka_{e3} = \frac{80}{8} = 10;$$

$$Ka_{e4} = \frac{76,43}{7} = 10,92; \quad Ka_{e5} = \frac{72,50}{8} = 9,06.$$

Отже, найбільш активним є четвертий експерт, бо показник його активності найвищий.

Оцінка компетентності кожного з експертів (за формулою 4.9):

$$Kk_{e1} = \frac{0,4 + 0,6}{2} = 0,5; \quad Kk_{e2} = \frac{0,8 + 0,8}{2} = 0,8; \quad Kk_{e3} = \frac{0,5 + 0,7}{2} = 0,6;$$

$$Kk_{e4} = \frac{0,9 + 0,8}{2} = 0,85; \quad Kk_{e5} = \frac{0,6 + 0,8}{2} = 0,7; \quad Kk_{e6} = \frac{0,9 + 0,9}{2} = 0,9;$$

$$Kk_{e7} = \frac{0,7 + 0,6}{2} = 0,65; \quad Kk_{e8} = \frac{0,6 + 0,9}{2} = 0,8; \quad Kk_{e9} = \frac{0,3 + 0,8}{2} = 0,6.$$



Отже, найбільш компетентним є шостий експерт, показник компетентності якого найвищий.



Як видно з викладеного вище, обчислення показників статистичної обробки даних експертного опитування передбачає здійснення значних обсягів розрахунків. Їх можна пришвидшити за допомогою *Microsoft Excel*. Найкраще для цієї мети скористатись бібліотекою функцій, об'єднаних в “*Мастер функций*”.

Діалогове вікно “*Мастер функций*” полегшує введення функцій при створенні формул, оскільки воно відображає назву функції, всі її аргументи, містить опис функції і кожного її аргументу, поточний результат розрахунку. Функції – це певні формули, які виконують обчислення за наперед заданими величинами, що називаються аргументами, в заздалегідь встановленому порядку. Ці функції дозволяють виконати як прості, так і складні розрахунки. Структура функції завжди починається знаком рівності (=), за ним йдуть назва функції, відкрита дужка, список аргументів, розділених комами, закрита дужка.

Завантажити “*Мастер функций*” можна різними шляхами:

- 1) натиснути кнопку *Вставка функции*  у рядку формул  над робочим листом (рис. 4.1);
- 2) скористатися меню *Вставка / Функция*;
- 3) натиснути на клавіатурі *SHIFT+F3*.

“*Мастер функций*” (рис. 4.2) містить кілька полів, що дозволяють обрати необхідну функцію. В полі *Поиск функции* можна ввести короткий опис дії, яку потрібно виконати, а потім натиснути *Найти*. Це дозволить знайти одну необхідну функцію або значно звузити перелік можливих.

У полі *Категория* можна задати *Полный алфавитный перечень* всіх функцій, або обмежити вибір якоюсь з категорій (*Финансовые, Дата и Время, Математические, Статистические* та інші), якщо точно відомо, що саме до неї відноситься потрібна функція.

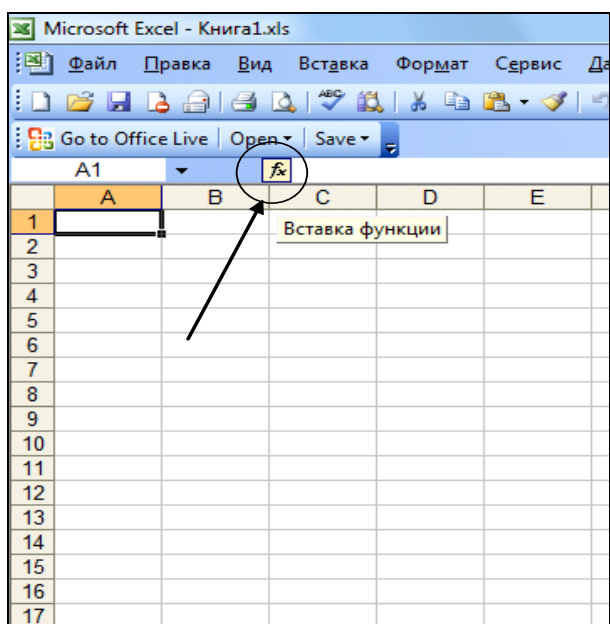


Рисунок 4.1 - Завантаження “*Мастера функций*”

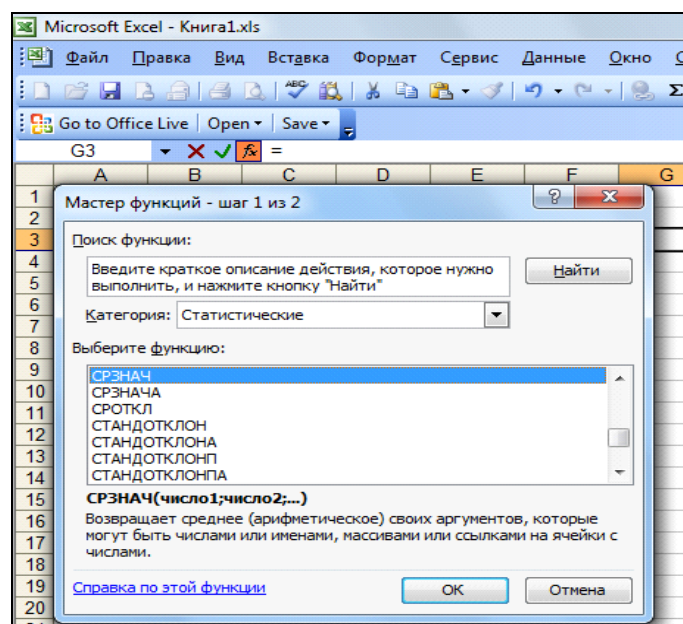


Рисунок 4.2 - Діалогове вікно “*Мастер функций*”

У полі *Выберите функцию* буде відображено список відповідних функцій. Серед них необхідно виділити потрібну та натиснути кнопку *ОК*, щоб вставити її у робочий лист і викликати діалогове вікно *Аргументы функции*.

Аргументи – це значення, які використовуються функцією для виконання операції або обчислень. Тип аргументу залежить від конкретної функції. Як правило аргументи, які використовуються функціями, - це числа, текст, посилання на комірки або імена, логічні значення (правда або неправда), масиви – об’єкти, які використовуються для отримання декількох значень в результаті розрахунків на основі певної формули або для роботи з набором аргументів, розташованих в різних комірках і згрупованих за рядками або графами. У кожному конкретному випадку необхідно використовувати відповідний тип аргументу. Аргументи, виділені жирним шрифтом, є обов’язковими, тому для них необхідно задати значення. Решту аргументів є додатковими; для них передбачені стандартні значення.

При виборі функції можна прочитати присвячену їй довідку, скориставшись посиланням *Справка по этой функции* в нижній частині діалогового вікна “*Мастер функций*”. На початку відповідної довідки приведено *синтаксис* функції, у якому описано значення імен аргументів функції (вони перераховані по порядку). В кінці довідки наведено приклад, який можна скопіювати і вставити в лист для ознайомлення з роботою функції.

Порядок розв’язання поставленої задачі в Microsoft Excel:

1. Створити документ *Microsoft Excel*, в який занести дані з табл. 4.3. До цієї таблиці додати графу “Середнє статистичне значення оцінок  $j$ -го напрямку,  $M_j$ ”.

2. В активованій комірці K4 завантажити “*Мастер функций*”, обрати категорію *Статистические* і використати функцію *СРЗНАЧ* (рис. 4.2) / *ОК*. Обрана функція дозволяє розрахувати середнє арифметичне значення заданого масиву чисел.

3. Відкриється діалогове вікно *Аргументы функции* (рис.4.3). Оскільки спочатку необхідно визначити середнє значення оцінок виробничого напрямку розвитку, слід зупинитись курсором у полі *Число 1*, а потім обвести діапазон комірок таблиці, в яких наведені оцінки важливості даного напрямку, надані експертами (B4:J4) / *ОК*.

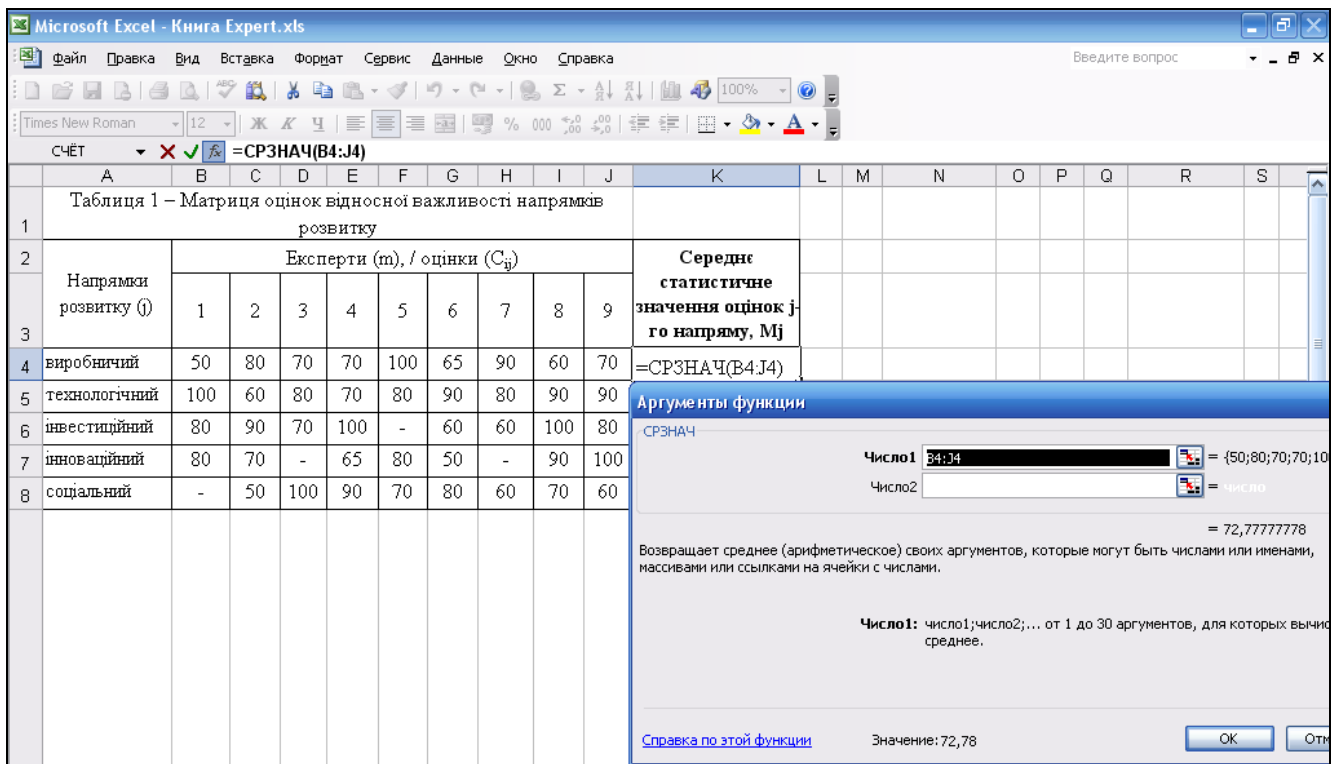


Рисунок 4.3 - Діалогове вікно Аргументы функции

У рядку формул над робочим листом буде відображена формула  

$$=СРЗНАЧ (B4:J4)$$

а результати розрахунку (72,78) – в комірці K4.

Для розрахунку середнього значення оцінок інших 4-х напрямків розвитку слід повторити п.2-п.3 в комірках K5 - K8. Такого ж результату можна досягти простішим шляхом, якщо скопіювати записану формулу з комірки K4 в діапазон комірок K5:K8.

4. Занести в *Microsoft Excel* дані табл. 4.4 про коефіцієнти знайомства з проблемою та аргументованості відповідей експертів. До цієї таблиці додати рядок “Коефіцієнт компетентності експертів”. Для обчислення цього показника в активованій комірці B15 слід використати ту ж функцію *СРЗНАЧ*

$$=СРЗНАЧ (B13:B14)$$

а потім після появи в ній першого значення обчисленого показника виділити її та скопіювати записану формулу в діапазон комірок C15:J15 для інших 8-ми експертів (рис. 4.4).

Таблиця 1 – Матриця оцінок відносної важливості напрямків розвитку										
Напрямки розвитку (j)	Експерти (m) / оцінки (C <sub>ij</sub> )									Середнє статистичне значення оцінок j-го напрямку, Mj
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
виробничий	50	80	70	70	100	65	90	60	70	72,78
технологічний	100	60	80	70	80	90	80	90	90	82,22
інвестиційний	80	90	70	100	-	60	60	100	80	80,00
інноваційний	80	70	-	65	80	50	-	90	100	76,43
соціальний	-	50	100	90	70	80	60	70	60	72,50

Таблиця 2 – Коефіцієнти знайомства з проблемою та аргументованості відповідей експертів										
Коефіцієнти	Експерти (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Аргументованості відповіді	0,4	0,8	0,5	0,9	0,6	0,9	0,7	0,6	0,3	
2. Знайомства з проблемою	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,6	0,9	0,8	
Коефіцієнт компетентності експертів	0,5	0,8	0,6	0,85	0,7	0,9	0,65	0,75	0,55	

Рисунок 4.4 – Результати розрахунку коефіцієнта компетентності експертів

5. Побудувати розрахункову таблицю “Сума рангів, отриманих за даними напрямками розвитку” (рис. 4.5). Ранги проставляються самостійно згідно методики, описаної вище. Зокрема, для виробничого напрямку в комірці K20 при максимальній кількості балів проставляється 1, а потім по мірі зменшення балів в комірці O20 – 2, в комірці E20 – 3, в комірках G20, I20, S20 – 5, в комірці M20 – 7, в комірці Q20 – 8, в комірці C20 – 9. Аналогічно для інших напрямків.

6. До останньої таблиці додати:

- графу “Сума рангів” та обчислити цей показник за кожним напрямком та суму рангів за всіма напрямками. Для виробничого напрямку в активованій комірці A27 завантажити “Мастер функций”, обрати категорію *Статистические* і використати функцію *СУММ*, яка дозволяє сумувати всі числа в обраному діапазоні комірок. Оскільки в таблиці вихідних даних комірки з числовими значеннями рангів не згруповані в щільний діапазон, тобто між ними є комірки з іншими даними, у діалоговому вікні *Аргументы функции* слід зупинитись курсором у полі *Число 1* і вказати адресу комірки C20 з рангом оцінки першого експерта, у полі *Число 2* – вказати адресу комірки E20 з рангом оцінки наступного експерта і т.д. Формула матиме вигляд

$$=СУММ(C20;E20;G20;I20;K20;M20;O20;Q20;S20)$$

Її слід скопіювати в діапазон комірок A28:A31 для інших напрямків.

Для розрахунку суми рангів за всіма напрямками в активованій комірці A32 також можна використати функцію *СУММ*, тільки в даному випадку нема потреби вносити адреси кожної комірки окремо, достатньо зупинитись курсором

у полі Число 1 діалогового вікна Аргументы функции, а потім обвести в таблиці діапазон комірок A27:A31

$$=СУММ(A27:A31)$$

Для розрахунку середнього арифметичного сум рангів оцінок, отриманих за всіма напрямками, в активованій комірці C33 слід використати функцію

$$=СРЗНАЧ(A27:A31)$$

- графу “Коефіцієнт варіації”.

Розрахунок коефіцієнта варіації передбачає послідовне виконання цілого комплексу математичних розрахунків: знаходження різниці між усіма експертними оцінками заданого напрямку та середнім статистичним значенням всіх оцінок, піднесення кожної різниці до квадрату та сумування результатів, ділення суми на число експертів, знаходження кореня квадратного з результату, а потім його ділення на середнє статистичне значення оцінок. В *Excel* можна виконати всі ці дії окремо в зазначеному порядку, проте результату буде досягнуто швидше, якщо зразу повністю ввести формулу (4.3). Для цього спочатку слід використати функцію *КВАДРОТКЛ*, яка дозволяє обчислити суму квадратів відхилень заданого обсягу даних від їх середнього значення (у нашому випадку – суму квадратів різниць між експертними оцінками та середнім статистичним значенням всіх оцінок); потім функцію *СЧЕТ*, яка обчислює кількість чисел у списку аргументів (її використання в даному розрахунку пояснюється тим, що для різних напрямків є різна кількість експертних оцінок, а функція *СЧЕТ* дозволяє в обраному діапазоні комірок виділити лише ті, що містять цифровий матеріал) та функцію *КОРЕНЬ*, яка дозволяє обчислити значення кореня квадратного заданого числа.

Для розрахунку коефіцієнта варіації виробничого напрямку розвитку в активованій комірці B27 слід завантажити “*Мастер функций*” та вибрати функцію *КВАДРОТКЛ*, в діалоговому вікні якої *Аргументы функции* зупинитись курсором у полі *Число 1* і обвести діапазон комірок таблиці B4:J4 та натиснути *OK*, потім зупинитися в стрічці формули, де поставити знак ділення “/” і знову завантажити “*Мастер функций*” та використати функцію *СЧЕТ* (в діалоговому вікні *Аргументы функции* слід зупинитись курсором у полі *Число 1* і обвести діапазон комірок таблиці B4:J4, тоді *OK*), далі зупинитися в стрічці формули та взяти в дужки вже введену формулу (*КВАДРОТКЛ(B4:J4)/СЧЕТ(B4:J4)*), тоді в тій же стрічці формули після знаку “=” використати функцію *КОРЕНЬ* (“*Мастер функций*”, категорія *Математические*). В стрічці формули буде запис *=КОРЕНЬ((КВАДРОТКЛ(B4:J4)/СЧЕТ(B4:J4)))*, після якого поставити знак ділення “/” і вказати комірку K4. Формула для обчислення коефіцієнта варіації в активованій комірці B27 матиме вигляд

$$=КОРЕНЬ((КВАДРОТКЛ(B4:J4)/СЧЕТ(B20:J20)))/K4$$

Для інших напрямків розвитку скопіювати формулу в діапазон комірок B28:B31.

Таблиця 3 – Сума рангів, отриманих за даними напрямками розвитку																			
Напрямки розвитку (i)	Експерти (j), оцінки (C <sub>ij</sub> )																		
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		
	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	бали	ранги	
виробничий	50	9	80	3	70	5	70	5	100	1	65	7	90	2	60	8	70	5	
технологічний	100	1	60	9	80	6	70	8	80	6	90	3	80	6	90	3	90	3	
інвестиційний	80	4,5	90	3	70	6	100	1,5	-	-	60	8	60	7,5	100	1,5	80	5	
інноваційний	80	3,5	70	5	-	-	65	6	80	3,5	50	7	-	-	90	2	100	1	
соціальний	-	-	50	8	100	1	90	2	70	4,5	80	3	60	6,5	70	4,5	60	7	
Сума рангів, S <sub>ri</sub>																			
	45	0,20	7	49	24	8,09													
	45	0,14	7	49	48	9,14													
	36	0,19	-2	4	18	10,00													
	28	0,20	-10	100	6	10,92													
	36	0,22	-2	4	12	9,06													
	190			206	108														
Середнє арифм. рангів оцінок			38																
Коефіцієнт конкордації			0,28																

Рисунок 4.5 – Результати розрахунку важливості заданих прогнозних напрямків розвитку підприємства

- графу “Відхилення ( $d_j$ ) суми рангів, отриманих за  $j$ -им напрямком” та обчислити цей показник для всіх напрямків за формулою (4.5). Для цього треба виділити діапазон комірок C27:C31, обраних для виведення результатів розрахунків, і в першу комірку виділеного діапазону C27 ввести таку формулу масиву:

$$=A27:A31-C33$$

та виконати клавішну комбінацію CTRL + SHIFT + ENTER. У рядку формул для всього діапазону комірок E3:E11 з’явиться запис

$$\{=A27:A31-C33\},$$

а розраховані значення  $d_j$  будуть відображені у діапазоні комірок C27:C31 таблиці.

- графу “ $d_j^2$ ”. Для знаходження цього показника в комірці D27 слід записати формулу

$$=C27^2$$

та скопіювати її в діапазон комірок D28 : D31. Знак ^ в Excel дозволяє обчислити степінь певного числа. Показник степені проставляється після цього знаку.

Для знаходження підсумку за цим стовпцем в активованій комірці D32 використати функцію

$$=СУММ(D27:D31)$$

- графу “Показник ( $T_j$ ) пов’язаних (рівневих) рангових оцінок, даних експертами за кожним напрямком”, та розрахувати цей показник, використовуючи методику, описану вище.

Для цього слід записати формули:

в комірці E27

$$=3^3-3$$

в комірці E28

$$=3^3-3+3^3-3$$

в комірці E29

$$=2^3-2+2^3-2+2^3-2$$

в комірці E30

$$=2^3-2$$

в комірці E31

$$=2^3-2+2^3-2$$

Для розрахунку підсумку за цим стовпцем в активованій комірці E32 записати

$$=СУММ(E27:E31)$$

- графу “Коефіцієнт активності експертів”. У цій графі в активованій комірці F27 слід записати формулу

$$=K4/СЧЁТ(B4:J4)$$

та скопіювати її в діапазон комірок F28 : F31.

Для розрахунку коефіцієнта конкордації в активованій комірці C34 необхідно ввести формулу

$$=(12*D32)/(9^2*(5^3-5)-9*E32)$$

#### 4.2. Метод колективної генерації ідей

Метод колективної генерації ідей у практиці називають ще *методом “мозкового штурму”*. Він дає змогу активізувати творчий потенціал експертів у разі пошуку виходу з проблемної ситуації. Використання методу передбачає зіткнення протилежних напрямів думок і рекомендацій учасників “мозкового штурму” щодо вирішення конкретної проблеми: генерацію ідей і наступне їх руйнування (через критику). З огляду на це його ще називають методом деструктивної відносно оцінки.

За методом “мозкового штурму” розробники виконують прогнозування у кілька етапів.

*Перший етап* – формування групи експертів (10-15-20 осіб), куди запрошують фахівців з високим рівнем загальної ерудиції і розумінням проблеми. В групу генераторів ідей не запрошують природжених скептиків і критиканів; навпаки, намагаються залучити людей з фантазією; включають також спеціалістів суміжних професій.

*Другий етап* – складання проблемної записки учасника “мозкового штурму”. Вона складається групою аналізу проблемної ситуації. Записка включає опис методу і проблемної ситуації; аналіз світового досвіду розв'язання аналогічної проблемної ситуації, якщо такі мають місце; систематизацію існуючих шляхів розв'язання проблемної ситуації; опис умов, що забезпечують найбільшу ефективність “мозкового штурму”; авторство результатів; основні правила проведення штурму.

*Третій етап* – генерація ідей. Вона починається з того, що ведучий розкриває зміст проблемної записки та концентрує увагу учасників на правилах проведення мозкового штурму:

- 1) висловлювання учасників повинні бути чіткими і стислими;

- 2) обмежується час одного виступу;
- 3) кожен з учасників має право виступати багато разів, але не підряд;
- 4) скептичні зауваження і критика попередніх виступів не допускаються;
- 5) не дозволяється зачитувати підряд список ідей, який може бути підготовлений учасниками заздалегідь.

Тривалість мозкового штурму рекомендується не менше 20 хвилин і не більше 1 години залежно від активності учасників. Доцільно вести запис висловлюваних ідей на магнітний або цифровий носій, щоб не пропустити жодної ідеї і мати можливість систематизувати їх для наступного етапу.

Характерно, що в процесі генерації до уваги беруть усі ідеї, незалежно від їхньої доцільності.

*Четвертий етап* – систематизація ідей, висловлених на етапі генерації. Робоча група складає їхній перелік; формулює у загальноприйнятій термінології, об'єднує ідеї, які дублюються і взаємодоповнюють одна одну; визначає ознаки, за якими ідеї можна об'єднати; поєднує їх за визначеними ознаками. Після об'єднання ідей складається їх перелік за об'єднаними групами (від загальних до часткових).

*П'ятий етап* – руйнування систематизованих ідей з метою оцінити можливості їхньої практичної реалізації. Група аналізу для проведення цієї роботи формує нову експертну групу з висококваліфікованих фахівців у досліджуваній галузі у складі 20-25 осіб, зосереджуючи їхню увагу на критиці. Основне правило етапу руйнування – розглядати кожен із систематизованих ідей тільки з погляду перешкод на шляху до її здійснення. Доцільно, щоб процес критики тривав до 1,5 год.

*Шостий етап* – оцінка критичних зауважень і складання списку ідей, що можуть бути практично застосовані.

Цей етап здійснює група аналізу проблемної ситуації. Вона повинна скласти перелік всіх критичних зауважень і зведену таблицю систематизованих і деструктивних ідей, порівняти їх.

Нарешті, складається кінцевий список ідей, які не спростовані критичними зауваженнями, а також контрідей. Таким чином, результатом генерації ідей методом “мозкового штурму” є певна система ідей, причому найбільшу цінність мають ідеї, які виникають як результат об'єднання двох і більше ідей, так звані синтезуючі ідеї.

Інколи, як різновид, може використовуватися *метод “мозкового штурму навпаки”*, який багато в чому нагадує звичайний “мозковий штурм”, але при цьому дозволяється висловлювати критичні зауваження. Вірніше, 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 “мозкового штурму навпаки” може дати непогані результати, якщо його задіяти як попередній крок перед використанням інших методів стимулювання творчої активності. Зазвичай в ході “мозкового штурму навпаки” учасники повинні не тільки знайти всі слабкі місця кожної ідеї, але і запропонувати шляхи для



усунення недоліків.

Поруч з низкою переваг двом вищезазначеним методам притаманні окремі недоліки, які полягають в тому, що певна частина експертної групи може мати вплив на інших експертів (наприклад, через залучення відомих авторитетних вчених, думка яких вважається загальноприйнятною; через просування особистих інтересів; через надзвичайну активність окремих експертів порівняно з іншими).

### 4.3. Метод Дельфі

Максимальне усунення зазначених вище недоліків досягається при використанні *методу Дельфі* – одного з найбільш поширених на сьогодні методів експертного прогнозування, який був розроблений відомим екпертом Олафом Хельмером, математиком за фахом. У методі Дельфі поєднуються творчий підхід до вирішення проблеми і достатня точність прогнозу. Свою назву метод одержав від давньогрецького міста Дельфі, що прославилося своїми провісниками.

Метод Дельфі – це спосіб експертного прогнозування, який ґрунтується на зведенні, систематизації та оцінці думок групи експертів, отриманих шляхом їх письмового опитування, на предмет оцінки майбутніх кількісних та якісних показників розвитку певної проблеми. До основних характеристик методу Дельфі належать наступні особливості, що відрізняють його від звичайних методів групової взаємодії експертів:

- використання формально ідентичних анкет для опитування;
- анонімність експертів та їх відповідей;
- визначення середньостатистичної відповіді опитаної групи експертів;
- інформування учасників про результати опитування та середньостатистичну відповідь;
- повторне опитування.

Метод передбачає декілька етапів. Перш за все формулюється мета, яку передбачається досягти в результаті дослідження. Виходячи з поставленого завдання розробляється опитувальна форма для групи експертів. Підбір групи експертів здійснюється відповідно до характеру і тематики досліджуваної проблеми.

На наступному етапі проводяться анонімні анкетні опитування фахівців обраної галузі знань (як правило, це група від п'яти до десяти експертів). Анонімність полягає в тому, що в ході проведення процедури – експертної оцінки прогнозованого явища чи об'єкта – учасники експертної групи невідомі один одному. При цьому взаємодія членів групи при заповненні анкет цілком усувається.

Отримані анкетні дані піддаються статистичній обробці, в результаті якої формується діапазон думок експертів, що відображає їхній колективний погляд на обрану проблему.

Статистична характеристика результатів групової відповіді передбачає визначення показників, котрі дозволяють в'яснити наскільки відповідь кожного експерта відповідає точці зору більшості експертів: так званих “медіани” – середнього значення, та “квартілей” – величини довірчого інтервалу розкиду відповідей.

Медіана ділить упорядкований ряд значень прогнозного показника, отриманих від експертів, на дві рівні частини, а квартилі відсікають значення, віддалені від країв ряду на  $\frac{1}{4}$ . Прийнято вважати, що медіана характеризує узагальнену думку групи експертів, а квартилі відсікають значення, які знаходяться за межами інтервалу довіри.

Звичайно після першого опитування спостерігається значний розкид думок. Тому процедура методу припускає проведення ще 3-4-х опитувань, напередодні яких кожного експерта знайомлять з підсумками попереднього опитування, але не для того, щоб створити на нього тиск, а щоб експерт міг одержати додаткову інформацію про предмет опитування. При цьому експертів, оцінки яких не потрапили в інтервал довіри, просять детально обґрунтувати свою точку зору.

Ідеально опитування повторюється до співпадання думок всіх експертів, реально – до одержання найбільш вузького діапазону думок.

Метод Дельфі є ефективним, оскільки він дає змогу ліквідувати низку труднощів, пов'язаних з роботою колективної експертної комісії. Разом з тим йому також притаманні недоліки. Зокрема, проведення декількох етапів опитувань все ж не завжди дозволяє достатньо зблизити позиції експертів, разом з тим значно розтягуючи процедуру в часі. Звуження та групування окремих оцінок може відбуватися за двома полярними напрямками, результатом чого можуть бути дві протилежні тенденції. Недоліком цього методу також є неможливість врахування впливу організаторів опитування на експертів при складанні анкет. Окрім цього, загальна тенденція може сформуватись не на основі незалежних інтуїтивних оцінок, а в результаті пристосування думок окремих експертів до середньої оцінки.

Як приклад використання методу Дельфі можна розглянути складання прогнозу рівня попиту на товар А з запрошенням 10-ти експертів. Кожен експерт отримав анкету з описом товару і прогнозованого ринку збуту. Експертам запропоновано дати собі індивідуальну самооцінку в балах в діапазоні від 0 до 10 та оцінити рівень попиту на товар А у відсотках в діапазоні від 0 до 100. Кожен експерт працював самостійно і анонімно. Після 1-го туру від експертів були отримані наступні результати (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Результати експертної самооцінки та оцінки рівня попиту на товар А

Номер експерта	Коефіцієнт самооцінки, бали	Рівень попиту (індивідуальна оцінка експерта), %
1	10	90
2	8	100
3	10	75
4	7	80
5	8,8	90
6	10	100
7	6,6	80
8	8,5	80
9	7,4	60
10	9,9	80

На основі даних табл. 4.6 аналітична група проводить розрахунок низки показників.

Середньогрупова самооцінка ( $\overline{Co}$ ) розраховується за формулою:

$$\overline{Co} = \frac{\sum_{i=1}^n Co_i}{n}, \quad (4.10)$$

де  $Co_i$  – індивідуальна самооцінка  $i$ -го експерта в балах;

$n$  – кількість експертів в аналітичній групі.

$$\overline{Co} = \frac{10+8+10+7+8,8+10+6,6+8,5+7,4+9,9}{10} = 8,62.$$

Середнє значення попиту або проста оцінка ( $\overline{\Pi}$ ) розраховується за формулою:

$$\overline{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_i}{n}, \quad (4.11)$$

де  $\Pi_i$  – оцінка попиту подана  $i$ -м експертом у відсотках.

$$\overline{\Pi} = \frac{90+100+75+80+90+100+80+80+60+80}{10} = 83,5\%.$$

Середьозважена оцінка розраховується за формулою:

$$\overline{Wo} = \frac{\sum_{i=1}^n Co_i \cdot \Pi_i}{\sum_{i=1}^n \Pi_i}. \quad (4.12)$$

$$\overline{Wo} = \frac{10 \cdot 90 + 8 \cdot 100 + 10 \cdot 75 + 7 \cdot 80 + 8,8 \cdot 90 + 10 \cdot 100 + 6,6 \cdot 80 + 8,5 \cdot 80 + 7,4 \cdot 60 + 9,9 \cdot 80}{10 + 8 + 10 + 7 + 8,8 + 10 + 6,6 + 8,5 + 7,4 + 9,9} = 84,1\%$$

Для знаходження медіани потрібно записати рангований ряд від найменшої оцінки до найбільшої

60, 75, 80, 80, 80, 80, 90, 90, 100, 100.

Медіана в даному випадку при парному числі експертів розраховується як середньоарифметичне значення з двох суміжних оцінок, які стоять посередині рангованого ряду, за формулою

$$Me = \frac{80+80}{2} = 80.$$

Інтервал довіри розраховується наступним чином:

а) визначається мінімальна оцінка з набору експертизи (в даному прикладі 60%) та максимальна оцінка (100%);

б) визначається кuartиль як різниця між максимальною та мінімальною оцінками, розділеними на чотири:

$$K = \frac{100-60}{4} = 10\%.$$

в) визначаються нижня та верхня межа довірчого інтервалу:

$$\text{Верхня межа} = \text{Максимальна оцінка} - \text{Кuartиль}; \quad (4.13)$$

$$\text{Нижня межа} = \text{Мінімальна оцінка} + \text{Кuartиль}. \quad (4.14)$$

Отже, межі довірчого інтервалу:

$$\text{верхня} - 100 - 10 = 90\%;$$

нижня -  $60 + 10 = 70\%$ .

Всі отримані результати пропонуються на розгляд експертам. Якщо експерти вважають за доцільне відкоригувати свою думку, то вони передають свої корективи аналітичній групі. На їх основі аналітична група розраховує нові результати за тим алгоритмом, який розглянутий вище. Підсумкова узагальнена думка є основою для прогнозу за рівнем попиту на даний товар А.

Для розв'язання поставленої задачі за допомогою *Microsoft Excel* необхідно:

1. Створити документ *Microsoft Excel*, в який занести дані таблиці 4.6 (рис. 4.6).

2. В активованій комірці C14 обчислити середньогрупову самооцінку за формулою

$$=CPЗНАЧ(B2:B11)$$

3. В активованій комірці C15 розрахувати середнє значення попиту за формулою

$$=CPЗНАЧ(C2:C11)$$

4. Додати до таблиці графу “Коефіцієнт самооцінки\*Рівень попиту”. В активованій комірці D2 записати формулу

$$=B2*C2$$

Скопіювати комірку D2 на діапазон комірок D3 : D11.

5. Для знаходження підсумку за цим стовпцем в активованій комірці D12 використати функцію

$$=СУММ(D2:D11)$$

6. Знайти підсумок коефіцієнтів самооцінки: в активованій комірці B12 використати функцію

$$=СУММ(B2:B11)$$

7. Розрахувати середьозважену оцінку в активованій комірці C16 за формулою

$$=D12/B12$$

8. Записати рангований ряд в комірці C18 та суміжні оцінки, які стоять посередині рангованого ряду, в комірках B19 і C19.

9. Розрахувати медіану в комірці C21 за формулою

$$=CPЗНАЧ(B19:C19)$$

10. Розрахувати інтервал довіри у такому порядку:

- визначити мінімальну оцінку з набору експертизи (в даному прикладі 60% - G19) та максимальну оцінку (100% - G20);

- обчислити кватиль як різницю між максимальною та мінімальною оцінками, розділеними на чотири: в активованій комірці C22 записати формулу:

$$=(G20-G19)/4$$

- визначати нижню та верхню межі довірчого інтервалу. Для розрахунку нижньої межі в активованій комірці H16 записати формулу

$$=G19+C22$$

Для розрахунку верхньої межі в активованій комірці H15 записати формулу

$$=G20-C22$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Номер експерта	Коефіцієнт самооцінки, бали	Рівень попиту (індивідуальна оцінка експерта), %	Коефіцієнт самооцінки * Рівень попиту				
2	1	10	90	900				
3	2	8	100	800				
4	3	10	75	750				
5	4	7	80	560				
6	5	8,8	90	792				
7	6	10	100	1000				
8	7	6,6	80	528				
9	8	8,5	80	680				
10	9	7,4	60	444				
11	10	9,9	80	792				
12	Σ	<b>86,2</b>		<b>7246</b>				
13								
14		Середньогрупова самооцінка	8,62		<b>Область довіри:</b>			
15		Середнє значення попиту, %	83,5		<b>Верхня межа, %</b>		90	
16		Середьозважена оцінка, %	84,1		<b>Нижня межа, %</b>		70	
17								
18		Рангований ряд : 60, 75, 80, 80, 80, 80, 80, 90, 90, 100, 100						
19	Суміжні оцінки, які стоять посередені рангового ряду	80	80		Мінімальна оцінка	60		
20					Максимальна оцінка	100		
21		Медіана	80					
22		Квартиль	10					

Рисунок 4.6 – Статистичне опрацювання експертних оцінок при прогнозуванні методом Дельфі

#### 4.4. Метод “синектика”

“Синектика” у перекладі з грецької означає поєднання різнорідних і цілком невідповідних один одному елементів. Метод “синектика” у прогнозуванні має за мету об'єднати знання та досвід різних індивідів і досягнення різних дисциплін для вирішення певної конкретної проблеми.

Метод “синектика” базується на мисленні групи експертів з орієнтацією на аналогії. Після встановлення і формулювання завдання експерти намагається в'яснити, яким чином подібні проблеми вирішуються в інших галузях (наприклад, при вирішенні певної технічної проблеми можна спробувати знайти аналогії в ботаніці, хімії тощо). Саме на основі виявлених аналогій експерти шукають розв'язки конкретної задачі, яка стоїть перед ними.

Синектика відрізняється від “мозкового штурму” перш за все тим, що вона характеризується більш високим рівнем синекторів (членів синектичної групи).

Виходячи із особливостей методу, бажано, щоб члени синектичної групи представляли якомога більше сфер діяльності. Синектор – це людина з широким кругозором, яка має, як правило, дві спеціальності (наприклад, економіст-механік). Людина, яка займається різноманітною діяльністю, краще підготовлена для участі в синектичній групі, ніж спеціаліст, який все життя займається однією сферою діяльності. Члени синектичної групи повинні бути людьми оригінального і незалежного розуму, характеризуватися емоційною зрілістю, здатністю до узагальнення, високим рівнем стимуляції, здатністю ризикувати, обов'язковістю. Група повинна складатися із спеціалістів, що знаходяться у нормальних особистих відносинах, без ворожнечі, неприязні, що нерідко буває при груповій роботі. В процесі роботи кожний член групи повинен сприймати нараду, як змагання і пропонувати задуману ідею у своїй інтерпретації. Незгоди, які

виникають під час обговорення, слід, наскільки це можливо, пом'якшувати.

Метод вимагає створення спеціально підготовлених груп у складі 5-7 чоловік. На відміну від “мозкового штурму” група проходить спеціальну підготовку і тому формується на тривалій період.

Процес прийняття рішення в даному методі тривалий. Розпочинається він з засідання експертної групи, яке відбувається у декілька етапів.

На першому етапі формується і уточнюється проблема. Особливість полягає в тому, що, як правило, ніхто із учасників групи, крім керівника, не посвячений у конкретні умови задачі, так як вважається, що конкретне формулювання утруднює абстрагування.

На другому етапі розглядається можливість перетворення незнайомої і незвичної проблеми у ряд більш звичних задач. Кожен учасник повинен знайти і сформулювати одну із складових частин проблеми, тобто ціла проблема ділиться на підпроблеми.

На третьому етапі ведеться генерування ідей, тобто відбувається пошук розв'язків аналогічних задач в інших галузях.

На четвертому етапі проводиться критична оцінка ідей різними експертами.

Засідання експертної групи, яке триває, як правило, декілька годин, складає незначну частину загального часу вирішення поставленої задачі. Решту часу експерти вивчають і обмірковують отримані результати, консультуються з спеціалістами, експериментують і т.д.

Метод “синектика” показав себе як надзвичайно ефективний для підготовки рішень з особливо важливих проблем, про що свідчить використання його відомими американськими фірмами, зокрема, “Дженерал Електрик”, ІБМ, “Зінгер” та ін.

## ТЕМА 5. КІЛЬКІСНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ

- 5.1. Кількісні методи прогнозування. Екстраполяція як інструмент прогнозування
- 5.2. Основні засади прогнозування на базі рядів динаміки
- 5.3. Екстраполяція на основі аналітичних показників рядів динаміки
- 5.4. Вибір оптимального варіанту прогнозу методом “ex-post прогноз”

### **5.1. Кількісні методи прогнозування. Екстраполяція як інструмент прогнозування**

Як уже було зазначено раніше, визначальною рисою кількісних (формалізованих) методів прогнозування є використання при їх побудові формалізованих процедур (які, як правило, містять у своїй основі той чи інший математичний апарат). Це означає, що маючи заданий набір статистичних даних щодо динаміки процесу, шляхом застосування певного математичного апарату, покладеного в основу обраного методу прогнозування, можна отримати прогноз майбутнього стану цього процесу. Причому результат не залежатиме від думки та особистих якостей конкретного дослідника, від його суб'єктивного очікування. Іншими словами, при використанні цих методів припускають існування деяких правил, що можуть бути формально описані (наприклад, у вигляді певного алгоритму), знаючи які можна на основі статистичних даних про минулий розвиток процесу досить точно спрогнозувати його майбутній стан. Щоб визначити таке правило, треба лише виявити, що саме впливає на зміну динаміки досліджуваного процесу.

Кількісні методи є одними з найбільш розроблених і найчастіше використовуваних методів прогнозування, навіть незважаючи на те, що вони не мають механічного і тісного зв'язку з економічною теорією.

Основний інструмент кількісних методів прогнозування – екстраполяція. Суть *прогновної екстраполяції* полягає у поширенні закономірностей, зв'язків і відношень, виявлених у певному минулому періоді, за його межі. Робиться припущення, що ці зв'язки є достатньо стійкі в часі, і при відсутності різких змін в найближчому майбутньому вони також залишаться у силі.

Залежно від гіпотез щодо механізму формування і подальшого розвитку процесу використовуються різні методи прогновної екстраполяції. Їх можна об'єднати у дві групи:

- екстраполяція закономірностей розвитку – тенденцій і коливань;
- екстраполяція причинно-наслідкового механізму формування процесу – багатofакторне прогнозування (або моделювання).

Ці методи розрізняються за способом опису об'єкта прогнозування.

Під тенденцією розуміють деякі загальні напрямки розвитку процесу (явища), довгострокову закономірність. Екстраполяція закономірностей розвитку ґрунтується на вивченні передісторії процесу, на виявленні загальних і усталених тенденцій, траєкторії їх зміни в часі. Закономірності розвитку процесу розглядають лише як функцію часу. При цьому не виявляються стійкі взаємозв'язки прогнозованого процесу з іншими економічними явищами, його

внутрішня структура, не відокремлюються причини, які змушують його змінюватися. Вважається, що все це акумулює у собі один показник – час. Методи прогнозування, побудовані на такому підході, стають більш мобільними, оскільки не треба додатково займатися вивченням цілої структури та її елементів (а значить, менше шансів для помилки прогнозу через невірно визначені фактори чи їх зв'язок). Інформаційною базою прогнозування тенденцій слугують одномірні динамічні ряди. Типовими прикладами в цій частині є методи екстраполяції трендів, адаптивні прогнози та ін.

При багатофакторному прогнозуванні процес розглядається як функція певної множини факторів, вплив яких аналізується одночасно або з деяким зміщенням. Як випливає з назви, специфіка методів побудови прогнозу цієї групи полягає в тому, що для опису (і відповідно передбачення) поведінки прогнозованого процесу використовуються знання про поведінку інших змінних, факторів, які суттєво на нього впливають і тому у значній мірі визначають його зміни. Іншими словами, саме зміни факторів пояснюють зміни, що відбувалися у розвитку досліджуваного процесу. Тому часто в літературі фактори називають пояснюючими змінними, а досліджуваний процес – пояснювальною змінною. Інформаційною базою багатофакторного прогнозування виступає система взаємозв'язаних динамічних рядів. Типовим прикладом факторних прогнозів, які широко використовуються на практиці, є прогнози за регресійними моделями. Методи прогнозування на основі екстраполяції широко використовуються в управлінні виробництвом, оскільки мають ряд переваг, до яких слід віднести:

- потреба у відносно невеликому масиві легко доступної інформації;
- достатньо простий апарат дослідження, що повертає до нього широке коло спеціалістів;
- швидкість виконання розрахунків в оперативному режимі;
- можливість використання для виконання розрахунків портативних і нескладних обчислювальних засобів;
- відсутність значних вимог до прогнозистів, яким достатньо мати лише базові навички;
- досить висока точність результатів, особливо для короткострокового прогнозування;
- результати прогнозування мало залежать від суб'єктивних міркувань прогнозиста.

Разом з тим, оскільки методи екстраполяції виходять з минулого, їм притаманні певні недоліки:

- вони дають позитивні результати лише при прогнозуванні найближчої перспективи і їх дієвість обмежується, як правило, періодом до 3-х років (рідко 5-7 років);
- ці методи не можуть бути використані за відсутності ретроспективних даних (наприклад, для нового продукту чи нових видів обладнання);
- їм притаманна сильна схильність до проєкції у майбутнє старих схем;
- аналіз часових рядів, як правило, не враховує випадкових чинників, що впливають на процес, а дає лише імовірнісну базу для аналізу.



## 5.2. Основні засади прогнозування на базі рядів динаміки

Основу екстраполяційних методів прогнозування складають динамічні ряди.

*Динамічним рядом* (рядом динаміки) називається послідовність показників, які характеризують зміну явища (процесу, об'єкта) у часі. Окремі спостереження динамічного ряду називаються *рівнями*.

За часом, відображеним у динамічних рядах, ряди поділяються на моментні та інтервальні.

В моментних рядах динаміки рівні виражають величину явища на відповідну дату, наприклад, залишки готової продукції на перше число кожного місяця, вартість основних фондів на початок чи кінець року та ін.

В інтервальних рядах рівні виражають розміри явищ за проміжок часу, наприклад, випуск продукції за місяць, квартал, рік.

При побудові динамічних рядів слід, в першу чергу, звернути увагу на порівнюваність рівнів ряду. Це значить, що усі рівні повинні виражатися в однакових одиницях виміру, розраховуватися за єдиною методологією, включати єдине коло об'єктів, збиратись з однаковою періодичністю і т.д.

Соціально-економічним явищам властиві дві взаємопов'язані риси: динамічність та інерційність. Динамічність проявляється зміною рівнів і варіацією показників, що характеризують процес; інерційність – сталістю механізму формування процесу, напрямку та інтенсивності динаміки протягом певного часу. Поєднуючи ці риси, динамічний ряд у будь-який момент часу містить залишки минулого, основи сучасного і зародки майбутнього.

Діалектична єдність мінливості й сталості, динамічності й інерційності формує закономірність розвитку. Під впливом безлічі факторів довгострокової і короткострокової дії в одних рядах рівні протягом тривалого часу зростають або спадають більш-менш стало, в інших зростання і спадання рівнів чергується з певною періодичністю (як правило, в декілька років). З року в рік регулярно повторюються сезонні піднесення і спади (попит на паливо, попит на окремі споживчі товари, наприклад, одяг, взуття). Окрім закономірних коливань, динамічним рядам притаманні також випадкові коливання, пов'язані з масовими процесами.

Ряди, які характеризують економічні процеси, як правило, нестационарні. Для більшості з них характерна систематична зміна рівнів з нерегулярними коливаннями. При екстраполяції закономірностей розвитку будь-який процес з усіма властивими йому особливостями розглядається як функція часу. При цьому час не є фактором соціально-економічного процесу, він просто акумулює весь комплекс постійно діючих умов і причин, які визначають цей процес.

Однією з базових концепцій, закладених у основу кількісних методів прогнозування, є концепція *декомпозиції часового ряду*. Її суть полягає у тому, що будь-який часовий ряд може бути проаналізований і спрогнозований з точки зору окремих його компонент, кожна з яких може бути розрахована окремо.

При аналізі динамічних рядів процес умовно поділяється на чотири компоненти, які залежать від часу: тренд, сезонність, цикли і випадкові варіації (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Компоненти класичної моделі часового ряду

Компонента	Класифікація	Визначення	Причини впливу	Тривалість
Тренд	Систематична	Загальна стійка довгострокова тенденція	Зміни в технології, чисельності населення, добробуті, системі цінностей	Кілька років
Циклічна компонента	Систематична	Повторювані підйоми і спади, що проходять 4 фази: пік, рецесія, депресія, підйом	Взаємодія множини комбінацій факторів, що впливають на економіку	Звичайно 2-10 років із змінюваною інтенсивністю
Сезонна компонента	Систематична	Досить регулярні періодичні флуктуації, що відбуваються в кожному 12-місячному періоді щорічно	Погодні умови, соціальні звички, релігійні традиції	Протягом 12 місяців (квартальні, місячні та інші спостереження)
Нерегулярна компонента	Випадкова	Залишкова флуктуація, що розглядається як "пов'язана з похибкою" і залишається після того, як враховано систематичні ефекти	Випадкові варіації в даних, викликані непередбаченими подіями	Зазвичай, короткотривалі і не повторювані

1. *Тренд або системна компонента (T)* – характеризує загальну тривалу тенденцію зміни динамічного ряду (економічного процесу) в довгостроковому періоді. Він є результатом стійких змін, що відбуваються у економічному середовищі та всередині самої організації. Тренд може бути зростаючим або спадаючим, але незважаючи на це він представляє собою гладку криву.

Тренд є основою прогнозованого числового ряду, на яку вже накладаються інші складові.

2. *Цикли або циклічна компонента (C)* – це серія хвилеподібних коливань даних, що зустрічаються періодично і охоплюють періоди, як правило, в декілька років, відображуючи економічні підйоми та спади. Цикли не є регулярними чи стійкими, а в основному, пов'язані з циклами в бізнесі і, головним чином, важливі при короткостроковому аналізі і плануванні.

3. *Сезонність або сезонна компонента (S)* – повторення даних через визначені проміжки часу: дні, тижні, місяці чи квартали (найчастіше термін «сезонність» відноситься до настання зими, весни, літа й осені). Сезонні коливання відбуваються через погодні умови, календарні події. Вони демонструють більш-менш стабільну схему змін, що повторюється з року в рік.

4. *Випадкові варіації (R) або іррегулярні події (випадкова компонента)* – це відхилення даних, пов'язані з непередбачуваними і незвичайними ситуаціями: страйками, стихійними кліматичними чи природними явищами, конфліктами або війнами. Ці коливання є результатом тисяч подій, кожна з яких сама по собі може не бути особливо важливою, але ефект їх комбінації може виявитися великим. По суті, вона відображує ефект усіх факторів окрім тренду, сезонних та циклічних коливань. Саме ці нерегулярні сили є занадто непередбачуваними для прогнозування.

Залежно від конкретних умов при складанні прогнозів зв'язок між цими складовими математично виражають двома підходами. Найбільш широко використовується мультиплікативний підхід, який припускає, що значення рівня динамічного ряду є добутком чотирьох компонентів:

$$\hat{y}(t) = T \cdot C \cdot S \cdot R. \quad (5.1)$$

Адитивний підхід передбачає прогнозування сумуванням компонент:

$$\hat{y}(t) = T + C + S + R. \quad (5.2)$$

Такі конструкції дають змогу, залежно від мети дослідження, надавати більшої ваги тому чи іншому компоненту, розглядаючи їх незалежно. На практиці успішно використовуються обидва підходи. Вважається, що адитивні моделі працюють краще, коли часовий ряд має приблизно однакову варіацію вздовж усієї своєї довжини (тобто його можна „накрити” стрічкою однакової ширини з центром вздовж лінії тренду). Мультиплікативні моделі працюють краще, коли варіація ряду змінюється (збільшується або зменшується) з часом.

Циклічна компонента на практиці складно ідентифікується, оскільки основні характеристики циклу – його довжина і величина (різниця між верхнім та нижнім піками) – не є постійними у часі. Іноді важко відокремити циклічну компоненту від змін тренду. Тоді вважається, що її вплив враховується у тренді, а часовий ряд розкладається на три компоненти:

$$\hat{y}(t) = T \cdot S \cdot R \text{ або } \hat{y}(t) = T + S + R.$$

Проблема врахування сезонності залежить від характеру прогнозованого процесу і періодичності даних (щоденні, щомісячні, щоквартальні, річні). Відповідно, якщо метою дослідження є аналіз попиту на продукцію підприємства протягом року, прогноз не може бути складений без врахування сезонності, а для вирішення задачі потрібні щонайменше поквартальні статистичні дані. Якщо ж поставлено завдання оцінити в якій точці життєвого циклу товару знаходиться підприємство (тобто виявлення довгострокової тенденції його продажу) використання, наприклад, квартальних даних вимагає спочатку усунення з них сезонності (процедура десезоналізації даних), і тільки потім - виділення тренду.

За умови, коли для аналізу використовуються річні дані або сезонність слабо виражена чи майже відсутня, вважається, що сезонна компонента також входить до тренду, як і циклічність, і отже, часовий ряд розкладається на дві компоненти, тренд і випадкову компоненту:

$$\hat{y}(t) = T \cdot R \text{ або } \hat{y}(t) = T + R.$$

У більшості реальних моделей припускають, що випадкові варіації усереднюються за розглянутий період. Тоді основна увага концентрується тільки на виявленні тренду або на сезонних компонентах та компонентах, що є комбінацією тренду і циклічних факторів.

### 5.3. Екстраполяція на основі аналітичних показників рядів динаміки

Будь-який динамічний ряд складається з окремих рівнів, що у числовому виразі характеризують розвиток досліджуваного процесу в часі:

$$y_1, y_2, y_3, y_4, \dots, y_n.$$

де  $y_1$  – початкове значення рівня динамічного ряду;

$y_n$  – останнє значення рівня динамічного ряду;  
 $y_i$  – будь-яке значення рівня динамічного ряду;  
 $n$  – кількість елементів динамічного ряду (періодів передісторії).

Основні аналітичні показники динамічного ряду, які використовуються в прогнозуванні:

1) абсолютний ланцюговий приріст:

$$\Delta(y_i)_л = y_i - y_{i-1}; \quad (5.3)$$

2) абсолютний базисний приріст:

$$\Delta(y_i)_б = y_i - y_1; \quad (5.4)$$

3) середній абсолютний приріст

$$\bar{\Delta}y = \frac{y_n - y_1}{n - 1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \Delta(y_i)_л}{n - 1} \quad (5.5)$$

4) ланцюговий коефіцієнт росту

$$k_{pi} = \frac{y_i}{y_{i-1}}; \quad (5.6)$$

5) середній коефіцієнт росту

$$\bar{k}_p = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} = \left(\frac{y_n}{y_1}\right)^{\frac{1}{n-1}}. \quad (5.7)$$

На основі наведених аналітичних залежностей прогнозне значення показника  $\hat{y}$  після останнього відомого значення  $y_n$  для певного майбутнього періоду (1-го, 2-го, ...,  $p$ -го) можна визначити одним з наступних способів:

$$1) \hat{y}_{n+1} = y_n + \Delta(y_{n-1})_л, \text{ де } \Delta(y_{n-1})_л = y_n - y_{n-1}; \quad (5.8)$$

$$2) \hat{y}_{n+p} = y_n + \bar{\Delta}y \cdot p; \quad (5.9)$$

$$3) \hat{y}_{n+1} = y_n \cdot k_{pn}, \text{ де } k_{pn} = \frac{y_n}{y_{n-1}}; \quad (5.10)$$

$$4) \hat{y}_{n+p} = y_n \cdot (\bar{k}_p)^p, \quad (5.11)$$

де  $\hat{y}$  — прогнозні значення показника;

$p$  — величина горизонту прогнозу ( $p = 1; 2; 3 \dots$ ).

Розрахунок наведених вище аналітичних показників динамічного ряду можна провести з допомогою *Microsoft Excel*. При цьому статистичні дані за звітні періоди слід представити у вигляді звичайної таблиці (рис. 5.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	Місяць	№ періодів передісторії	Досягнутий показник	Абсолютні ланцюгові прирости	Абсолютні базисні прирости	Середній абсолютний приріст	Ланцюгові коефіцієнти росту	Середній коефіцієнт росту		
1										
2	Березень	1	125							
3	Квітень	2	136	11	11		1,088			
4	Травень	3	129	-7	4		0,948529412			
5	Червень	4	123	-6	-2		0,953488372			
6	Липень	5	126	3	1		1,024390244			
7	Серпень	6	133	7	8		1,055555556			
8	Вересень	7	139	6	14		1,045112782			
9	Жовтень	8	145	6	20		1,043165468			
10	Листопад	9	162	17	37		1,117241379			
11	Грудень	10	148	-14	23	2,555555556	0,913580247	1,0189437		
12				23						
13										
14			Січень	Лютий						
15	Базовий показник для розрахунку	Горизонт прогнозу	Прогнозне значення	Горизонт прогнозу	Прогнозне значення					
16	Абсолютний ланцюговий приріст	1	134	2						
17	Абсолютний базисний приріст		150,5555556		153,1111111					
18	Ланцюговий коефіцієнт росту		135,2098765							
19	Середній коефіцієнт росту		150,8036678		153,660448					
20										
21										

Рисунок 5.1 - Розрахунок аналітичних показників динамічного ряду та складання на їх основі прогнозів з допомогою *Microsoft Excel*

Для визначення ланцюгових абсолютних приростів потрібно в активовану комірку D3 згідно із формулою (5.3) ввести

$$=C3-C2$$

і натиснути клавішу ENTER, а потім після появи в ній першого значення обчисленого показника виділити її та скопіювати записану формулу в діапазон комірок D4:D11. Значення абсолютних ланцюгових приростів буде відображено в діапазоні комірок D3:D11.

Для обчислення абсолютних базисних приростів треба виділити діапазон комірок E3:E11, обраних для виведення результатів розрахунку, і в першу комірку виділеного діапазону E3 згідно із зазначеною формулою (5.4) ввести таку формулу масиву:

$$=C3:C11-C2$$

та виконати клавішну комбінацію CTRL + SHIFT + ENTER.

Абсолютні ланцюгові і базисні прирости пов'язані між собою формулою

$$\sum \Delta(y_i)_d = y_n - y_1.$$

Для перевірки цього взаємозв'язку, щоб отримати суму абсолютних ланцюгових показників, слід активувати комірку D12 і ввести до неї формулу

$$=СУММ(D3:D11).$$

З цією метою замість прямого набору останньої формули можна скористатись знаком  $\sum$  (автосумма) на панелі інструментів. Після натиснення

клавіші ENTER у комірці D12 відобразиться значення  $\sum \Delta(y_i)_n$ , яке співпаде зі значенням  $y_n - y_1$ , відображеним у комірці E11.

Середній абсолютний приріст розраховується на основі формули (5.5). Оскільки за певних умов для розрахунку можуть братися не всі наявні статистичні дані, а лише їх частина (наприклад, при виборі найбільш оптимального варіанту складання прогнозу методом «ex-post прогноз», який буде розглянутий у наступному питанні), для підрахунку кількості періодів передісторії можна скористатись функцією СЧЁТ (“Мастер функций”, категорія Статистические), яка використовується для підрахунку кількості числових комірок в інтервалах або масивах комірок. В активованій комірці F11 слід набрати формулу

$$=D12/(СЧЁТ(B2:B11)-1) \text{ або } =E11/(СЧЁТ(B2:B11)-1)$$

та натиснути ENTER.

Для обчислення ланцюгових коефіцієнтів росту потрібно в активовану комірку F3 згідно із формулою (5.6) ввести

$$=C3/C2$$

та натиснути клавішу ENTER, а потім після появи у комірці F3 першого значення обчисленого показника активізувати її та здійснити копіювання записаних формул у діапазон комірок F4:F11. Значення ланцюгових коефіцієнтів росту з’явиться в діапазоні комірок F3:F11.

Для розрахунку середнього коефіцієнта росту потрібно згідно з залежністю (5.7) в активовану комірку ввести формулу

$$=(C11/C2)^{(1/(СЧЁТ(B2:B11)-1))} \text{ або } =(C11/C2)^{(1/9)}$$

і натиснути клавішу ENTER.

Результати розрахунку приростів та коефіцієнтів росту дозволяють отримати прогнозні значення досліджуваного показника на наступний період, а окремі з них – і на кілька майбутніх періодів.

Для складання прогнозів в Excel (рис. 5.1) необхідно набрати:

- при використанні формули 5.8

$$=C11+D11$$

- при використанні формули 5.9

$$=C11+F11*B16 \text{ (для січня) або } =C11+F11*D16 \text{ (для лютого) і т.д.};$$

- при використанні формули 5.10

$$=C11*G11$$

- при використанні формули 5.11

$$=C11*H11^B16 \text{ (для січня) або } =C11*H11^D16 \text{ (для лютого) і т.д.}$$

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

Зазначений недолік багато в чому усувається шляхом аналітичного вирівнювання рядів динаміки, яке буде розглянуто пізніше.

#### 5.4. Вибір оптимального варіанту прогнозу методом “ex-post прогноз”

Як продемонстровано у попередньому питанні, прогностні значення показника на основі аналітичних показників динамічного ряду можна отримати за допомогою чотирьох різних рівнянь. Очевидно, що результати розрахунків за кожним рівнянням будуть відрізнятися, інколи – досить істотно (рис. 5.1). Тому постає проблема вибору найбільш оптимального прогнозу серед наявних варіантів.

Для вибору найбільш ефективного з розглянутих показників використовується ретроспективне оцінювання або так званий метод “ex-post прогноз”, який широко застосовується і для інших кількісних методів прогнозування. Він базується на твердженні, що остаточно про якість прогнозу можна зробити висновок лише після того, як подія відбулася.

Суть методу полягає в наступному. Початкові дані динамічного ряду умовно поділяються на дві частини (два періоди): від  $1$ -го- $k$ -го і від  $(k+1)$  до  $n$ -го. За даними першої частини, умовно прийнятої за «передісторію», будується рівняння, на базі якого складаються прогнози для другої частини (другого періоду) з використанням різних показників. Результати прогнозів потім порівнюються з фактичними даними. Ефективнішим вважається показник, який забезпечує більш високе співпадання прогностичних і реальних даних. З його використанням і складається прогноз на перспективу.

Однак, при цьому слід враховувати, що похибки прогнозу залежать від довжини ретроспективного періоду “передісторії” та горизонту прогнозу. Оптимальним співвідношенням між останніми вважається 3:1.

## ТЕМА 6. МЕТОДИ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ НА ОСНОВІ СЕРЕДНІХ

- 6.1. Метод середньої. Ковзна середня
- 6.2. Метод зваженої середньої
- 6.3. Екстраполяція на основі плинної середньої

### 6.1. Метод середньої. Ковзна середня

Найпростіший (наївний) метод прогнозу базується на гіпотезі про те, що попередній період є найкращим прогнозом для наступного періоду, тобто припускається, що певний показник (наприклад, попит на окремий товар чи послугу) у наступному періоді буде еквівалентний досягнутому значенню в останньому базовому періоді (інколи – в більшості поточних періодів). Наприклад, якщо у січні було продано 68 одиниць товару, то можна прогнозувати, що у лютому також буде продано 68 одиниць.

Головна слабкість цього підходу полягає в тому, що він ігнорує будь-які довгострокові тенденції, тобто все, що відбувалося, наприклад, на протязі минулого року або навіть більших періодів.

Відомі різні шляхи для вдосконалення наївних прогнозів, що розрізняються рівнем складності. Їх використання, не дивлячись на простоту цих методів, іноді є досить ефективним.

За умови, що прогнозований показник є досить стабільним на протязі певного періоду успішно застосовується метод середньої. При цьому вважається, що прогноз на наступний період буде рівний середньому значенню певного показника, досягнутому за декілька минулих періодів.

Середню знаходять простим сумуванням рівнів ряду  $y_i$  за певне число періодів і діленням результату на кількість цих періодів:

$$\hat{y}_{n+1} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad (6.1)$$

де  $n$  – число періодів передісторії.

Визначення середньої засобами *Excel* можна здійснити двома способами:

- за допомогою вбудованої в *Excel* статистичної функції *СРЗНАЧ* (рис. 6.1, а);
- відношенням двох вбудованих функцій: математичної *СУММ* і статистичної *СЧЕТ* (рис. 6.1, б).

Розрахунки можна здійснити шляхом прямого формул або з допомогою меню вбудованих функцій. Для розрахунку середньої за допомогою статистичної функції *СРЗНАЧ* слід активувати комірку таблиці, в якій планується отримати результат, відкрити “*Мастер функцій*”, категорія *Статистические*, в переліку функцій обрати *СРЗНАЧ / ОК*, покажчиком миші виділити діапазон комірок з статистичними даними, для яких визначається середнє значення, та натиснути клавішу *ENTER*.

Другий варіант розрахунку передбачає наступні дії: “*Мастер функцій*”, категорія *Математические / СУММ / ОК* (покажчиком миші виділити діапазон



комірок з статистичними даними) / *ENTER* / у формулі поставити знак «поділити» (/) / “Мастер функций”, категорія *Статистические* / *СЧЕТ* / *OK* (покажчиком миші виділити діапазон комірок з статистичними даними) / *ENTER*.

	A	B	C	D
	Місяць	Період	Досягнутий показник	
1				
2	Березень	1	125	
3	Квітень	2	136	
4	Травень	3	129	
5	Червень	4	123	
6	Липень	5	126	
7	Серпень	6	133	
8	Вересень	7	139	
9	Жовтень	8	145	
10	Листопад	9	162	
11	Грудень	10	148	
12				
13	Середнє значення		136,6	

	A	B	C	D
	Місяць	Період	Досягнутий показник	
1				
2	Березень	1	125	
3	Квітень	2	136	
4	Травень	3	129	
5	Червень	4	123	
6	Липень	5	126	
7	Серпень	6	133	
8	Вересень	7	139	
9	Жовтень	8	145	
10	Листопад	9	162	
11	Грудень	10	148	
12				
13	Середнє значення		136,6	

а)

б)

Рисунок 6.1 – Варіанти розрахунку середньої за допомогою вбудованих в Excel статистичних і математичних функцій

У загальному випадку при знаходженні простої середньої до уваги приймається вся наявна статистична інформація. Проте такий підхід далеко не завжди дає об’єктивний результат, оскільки не всі рівні ряду в однаковій мірі можуть впливати на майбутній стан досліджуваного процесу. Тому на практиці застосовують декілька різновидностей методу середньої.

Самим простим вдосконаленням є метод ковзної середньої, який передбачає, що з усього наявного ряду статистичної інформації в розрахунок включається лише кілька останніх рівнів, наприклад, дані за чотири, п’ять або шість періодів назад для чотирьох-, п’яти-, чи шести-періодної середньої.

На практиці, скажімо, тримісячну ковзну середню знаходять простим сумуванням значень показника протягом останніх трьох місяців і діленням результату на три. З поступленням даних за новий місяць останні сумуються з даними попередніх двох місяців, а самий ранній місяць, що приймався до уваги в попередньому розрахунку, викреслюється. Інтервал згладжування „ковзає” вздовж ряду, перетворюючи дані за допомогою процедури середнього арифметичного, звідси і назва методу.

Приклад розрахунку три-періодної ковзної середньої на основі відомих даних за десять місяців приведено на рис. 6.2. Результати кожного згладжування (середні значення) у розрахунковій таблиці проставлені посередині відповідних інтервалів.

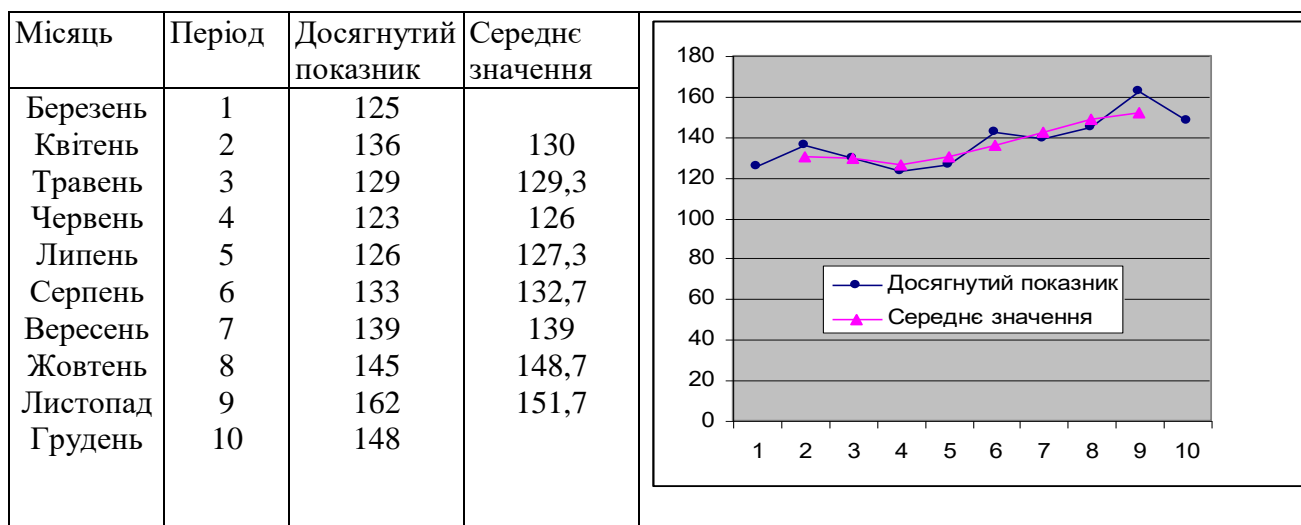


Рисунок 6.2 – Розрахунок три-періодної ковзної середньої

З побудованих графіків видно, що вихідний ряд є більш „порізаним” – коливання його значень більші, тоді як згладжений ряд більш чітко визначає тенденцію, за якою змінюються дані. Таким чином, у короткостроковому періоді ковзна середня дещо згладжує відхилення в серіях даних.

Ковзна середня належить до категорії аналітичних інструментів, які дозволяють визначити час початку нової тенденції у розвитку процесу. Проте завдяки своїй природі ковзна середня завжди дещо відстає від динаміки процесу. Короткотермінова середня швидше відображає зміни, ніж середня, обчислена для тривалішого періоду, проте повністю усунути відставання при використанні цього методу неможливо.

Інтервал згладжування визначається залежно від поставленої при дослідженні мети. Коли необхідно згладити незначні, хаотичні коливання, беруть більший інтервал. Якщо ж потрібно зберегти незначні коливання, а позбутися лише від періодично повторюваних великих відхилень – інтервал згладжування зменшують.

Метод ковзної середньої, як правило, використовують у тих випадках, коли графік часового ряду відображається прямою лінією, оскільки при цьому динаміка досліджуваного процесу не викривляється. У випадку, коли тренд ряду має явно нелінійний характер, цей метод не використовується, так як його застосування може привести до значного відхилення від реальної картини.

Практика показує, що метод ковзної середньої дозволяє розробити об’єктивну стратегію для окремих ділянок господарської діяльності, зокрема для сфери торгівлі. Саме тому цей метод закладено в основу багатьох комп’ютерних систем для торгових організацій. Як приклад, значення поточної ціни товару порівнюється з ковзною середньою, яка служить індикатором тенденції. Якщо ціна знаходиться вище за 65-денну середню, то на ринку спостерігається короткотермінова тенденція до зростання. У випадку більш тривалішої тенденції ціни повинні бути вищі за 40-тижневу ковзну середню. В окремих випадках як

індикатор використовується полоса ковзної середньої. Ця полоса обмежується двома паралельними лініями, розташованими на певну процентну величину вище і нижче від лінії ковзної середньої. Саме ці лінії і свідчать про позитивні і негативні тенденції розвитку процесу.

Ковзну середню можна розрахувати за допомогою математичних і статистичних функцій *Excel*, які розглядалися при визначенні простої середньої. Проте з метою розширення базових функціональних можливостей *Excel* у цьому програмному комплексі передбачені спеціальні “настройки” – додаткові програми, які підключаються до *Excel*. Однією з таких програм є “Пакет аналізу”, який призначений для здійснення статистичного аналізу за допомогою 19 різних інструментів. Саме цей пакет дозволяє використовувати низку можливостей для отримання прогнозів без ґрунтовних знань теорії прогнозування. Розрахунок ковзної середньої – один з випадків застосування спеціальних функцій цієї програми.

Етапи цього процесу:

1. Вибирається меню *Сервіс / Пакет аналізу (або Аналіз даних)* (рис. 6.3, а). Відкриється діалогове вікно зі списком доступних інструментів. Для активізації одного з них необхідно виділити відповідну назву покажчиком миші і клацнути по кнопці ОК. Слід обрати *Скользящее среднее* (рис. 6.3, б).

Якщо у меню *Сервіс* пункт *Пакет аналізу* відсутній, треба виконати таку послідовність дій:

*Сервіс / Надстройки / Пакет анализа* (у клітинці напроти нього поставити відмітку) / ОК.

Ця операція не потребує установчого диску Microsoft Office.

Після установки Пакету аналізу слід повторити процедуру вибору функції *Скользящее среднее*, тобто п.1.

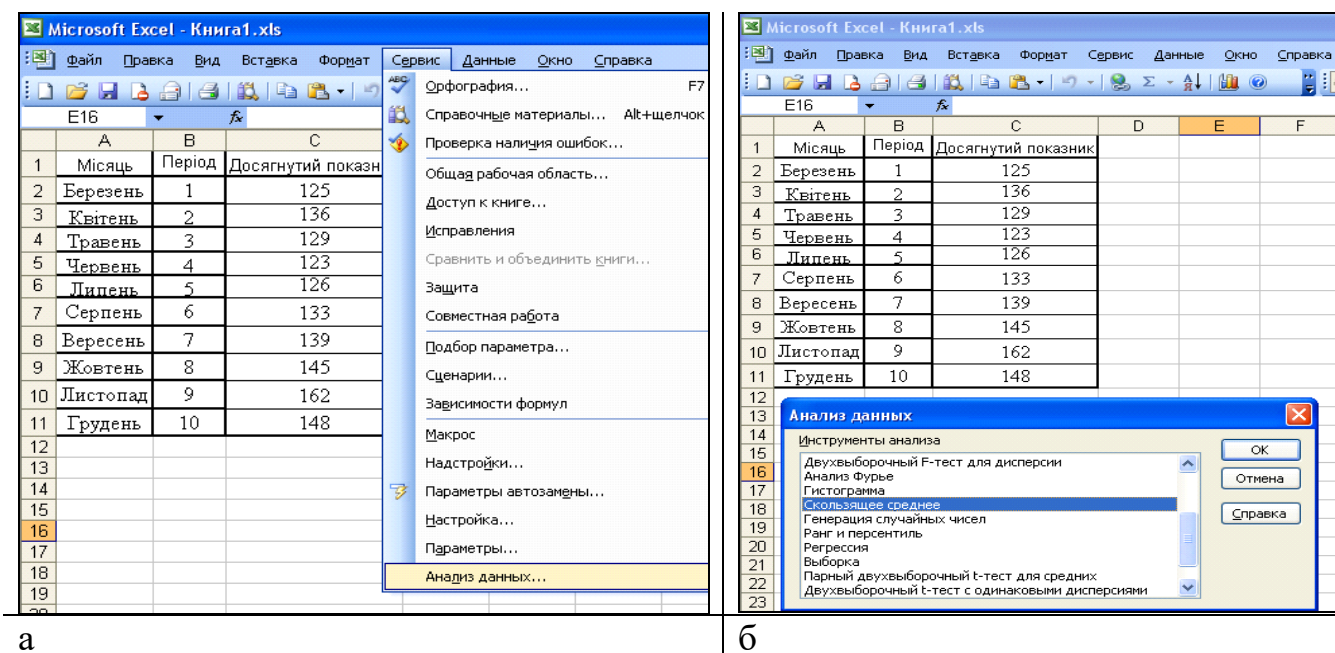


Рисунок 6.3 – Вибір інструменту аналізу „Скользящее среднее”:

2. Відкривається вікно “Скользящее среднее”. У ньому треба заповнити три комірки: “Входной интервал”, “Выходной интервал”, “Интервал”.

3. Для заповнення “Входного интервала” треба спочатку зупинитись у цьому полі, а потім обвести границі інтервалу звітних даних про досягнуті показники у статистичній таблиці.

4. Аналогічно для виводу результатів слід вибрати опцію “Выходной интервал”, а потім задати верхній рядок вихідних результатів (зупинитись мишкою у тій комірці, починаючи з якої будуть виведені результати розрахунків).

5. У полі “Интервал” слід проставити величину періоду згладжування, наприклад “3” для три-періодної ковзної середньої.

6. Як додаткову функцію можна використати можливість отримання графічного зображення статистичних і розрахункових даних поруч з таблицею розрахунків. Для цього проставити відмітку у клітинці поруч з написом “Вывод графика” (рис. 6.4).

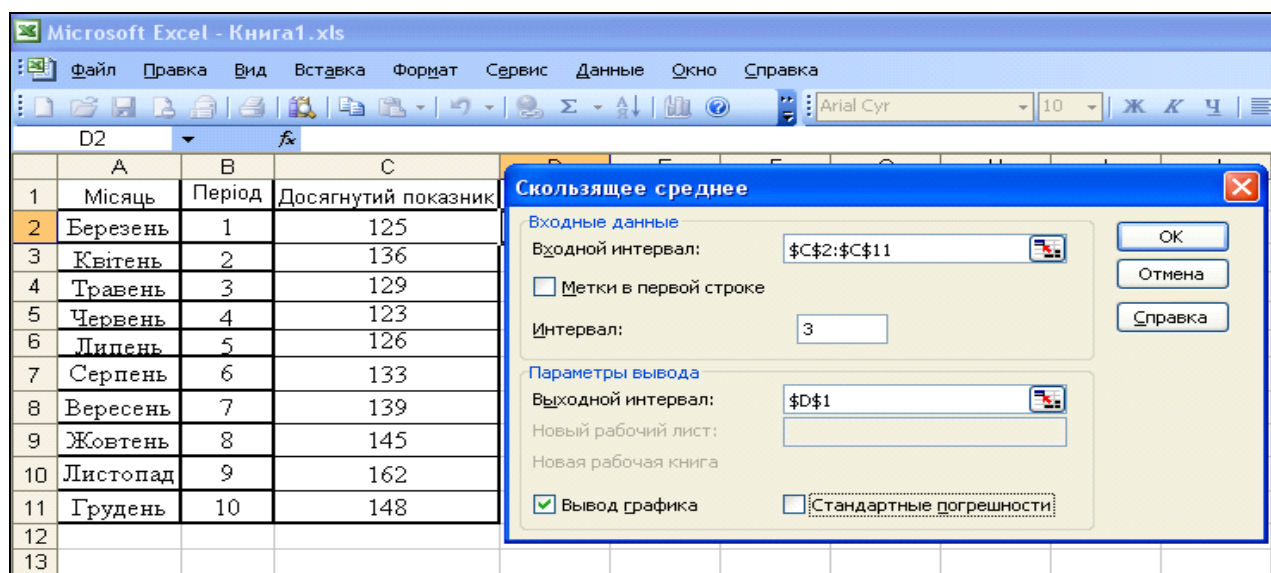


Рисунок 6.4 – Диалогове вікно “Скользящее среднее”:

7. “OK”.

Результати розрахунку матимуть вигляд (рис. 6.5).

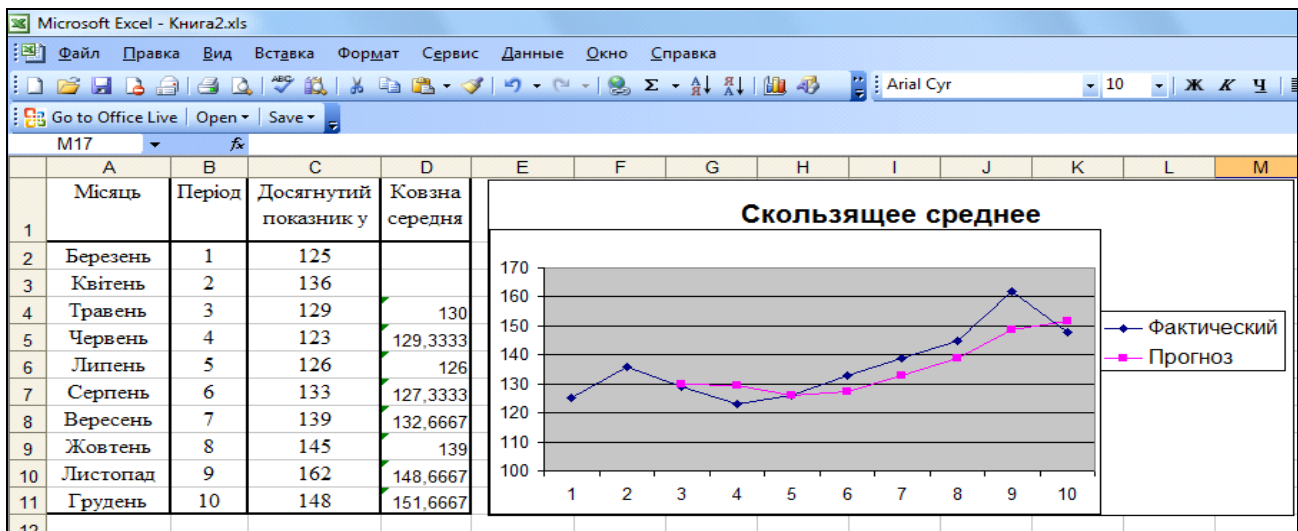


Рисунок 6.5 – Результати розрахунку ковзної середньої за допомогою *Пакету аналізу*

Значення обчислених ковзних середніх виводяться, починаючи із символів #Н/Д, тому що під час розрахунку ковзної середньої декількох перших рівнів немає. Програма *Excel* дає змогу не тільки здійснити розрахунок різних за періодами згладжування ковзних середніх, але й графічно відобразити їх за допомогою лінійної діаграми, причому на одній діаграмі можна відобразити одночасно вихідний фактичний часовий ряд та згладжений за методом ковзної середньої, що дає можливість порівняти ці статистичні криві і скласти певне міркування щодо характеру основної тенденції досліджуваного явища.

Застосування ковзної середньої обмежується певними особливостями:

- залежно від довжини інтервалу згладжування втрачається декілька значень ряду, що обмежує інформацію, потрібну для аналізу і подальшої побудови прогнозу;
- чим більшим є інтервал згладжування, тим більш рівним буде згладжений ряд, але ж і більше інформації про особливості поведінки даних (точки повороту, які можуть виявитися не випадковими відхиленнями, а початком зміни тенденцій) може бути втрачено. Навпаки, замалий інтервал згладжування для ряду з суттєвими коливаннями може не дати потрібного ефекту.

Модель ковзної середньої (moving average) в літературі часто називають як МА-модель.

## 6.2. Метод зваженої середньої

У цьому методі для надання більшої вагомості окремим поточним даним ряду використовується так звана “вага”. Це робиться у випадку, коли існують значні розбіжності між даними поточних періодів. Більш впливовим даним можуть бути надані більш “важкі” ваги. Рішення, які ваги використовувати, вимагає досвіду, оскільки вибір ваги довільний, формули її визначення не існує. Так, якщо для останнього звітного періоду встановити більш важку вагу, то прогноз може відобразити значні зміни в попиті чи продажі більш швидко.

Математично прогноз за допомогою зваженої середньої може бути визначений:

$$\hat{y}_{n+1} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}, \quad (6.2)$$

де  $b_i$  - вага показника для  $i$ -го періоду.

Визначення середньої арифметичної зваженої можна здійснити засобами Ексел двома способами:

- обчисленням спочатку окремо добутків  $y \cdot b$ , величин  $\sum y \cdot b$  і  $\sum b$ , а потім їх відношення (рис. 6.6, а);
- відношенням двох вбудованих математичних функцій: СУММПРОИЗВ, яка дає змогу одночасно обчислити суму добутків показників і їх ваги, тобто  $\sum y \cdot b$ , і СУММ, за якою визначається величина  $\sum b$  (рис. 6.6, б).

При використанні функції СУММПРОИЗВ слід завантажити “Мастер функций” / Категорія *Математические* / СУММПРОИЗВ / ОК. Відкриється вікно “Аргументи функций”. У нього слід занести дані про “Масив 1” – зупинитися у цьому полі, а потім обвести діапазон даних з досягнутими значеннями (комірки С2-С11), та дані про “Масив 2” – значення ваг (комірки D2-D11) / ОК.

	A	B	C	D	E
1	Місяць	Період	Досягнутий показник y	Вага b	$y \cdot b = C1 \cdot D1$
2	Березень	1	125	10	1250
3	Квітень	2	136	15	2040
4	Травень	3	129	18	2322
5	Червень	4	123	15	1845
6	Липень	5	126	20	2520
7	Серпень	6	133	25	3325
8	Вересень	7	139	20	2780
9	Жовтень	8	145	15	2175
10	Листопад	9	162	18	2916
11	Грудень	10	148	25	3700
12					
13				$\Sigma y \cdot b = \text{СУММ}(E2:E11)$	24873
14				$\Sigma b = \text{СУММ}(D2:D11)$	181
15				Зважена середня	137.41989

а)

	A	B	C	D	E
1	Місяць	Період	Досягнутий показник y	Вага b	$y \cdot b = C1 \cdot D1$
2	Березень	1	125	10	1250
3	Квітень	2	136	15	2040
4	Травень	3	129	18	2322
5	Червень	4	123	15	1845
6	Липень	5	126	20	2520
7	Серпень	6	133	25	3325
8	Вересень	7	139	20	2780
9	Жовтень	8	145	15	2175
10	Листопад	9	162	18	2916
11	Грудень	10	148	25	3700
12					
13					
14					
15				Зважена середня	137.41989

б)

Рисунок 6.6 – Варіанти розрахунку зваженої середньої за допомогою вбудованих в Ексел статистичних і математичних функцій

Проста, ковзна і зважена середні досить ефективні в згладжуванні раптових відхилень і на практиці дозволяють одержувати стабільні прогнози. Однак, ці середні не дуже добре відображають тренди. Тренди будуть завжди стояти на минулому рівні, так як вони усереднені (рис. 6.7). Як видно з прикладу, ковзна середня швидше відобразила зміну тренду, проте це відбулося лише завдяки короткому інтервалу згладжування. При зростанні інтервалу реакція сповільниться.

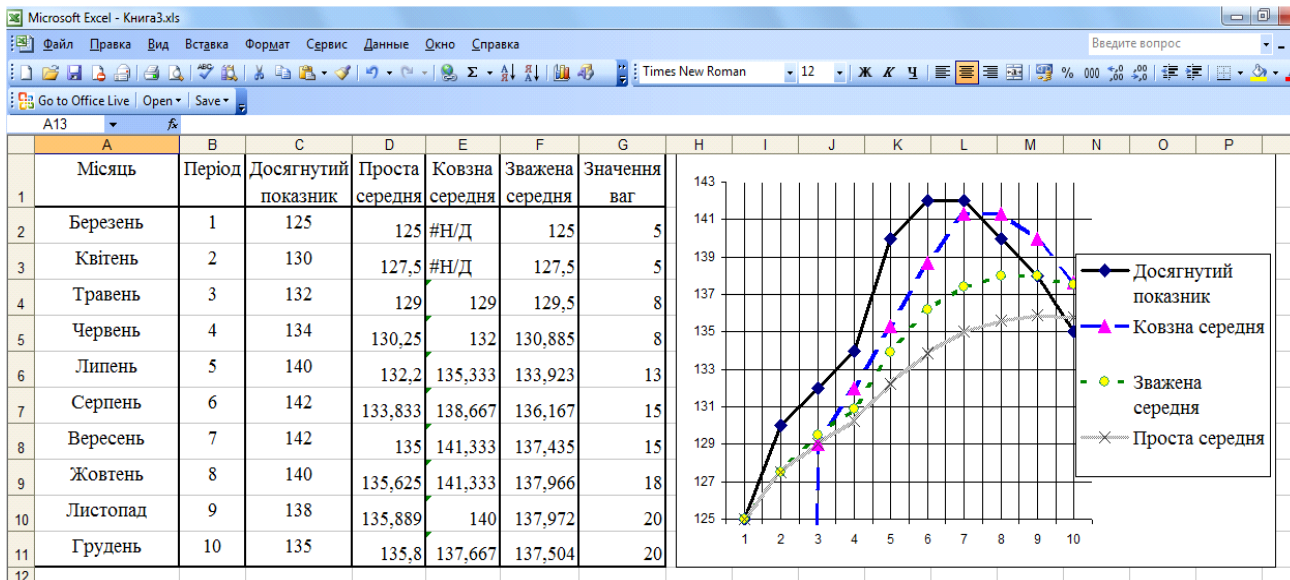


Рисунок 6.7 – Порівняння реальних значень показника з прогнозами, отриманими методами простої, ковзної та зваженої середньої

### 6.3. Екстраполяція на основі плинної середньої

Метод плинної середньої базується на використанні залежності:

$$\hat{y}_{n+1} = y_n + \Delta \hat{y}_{n+1}, \tag{6.3}$$

де  $\hat{y}_{n+1}$  – прогноз показника на основі плинної середньої;

$y_n$  – останнє значення динамічного ряду;

$\Delta \hat{y}_{n+1}$  – прогнозний приріст показника, який визначається за формулою:

$$\Delta \hat{y}_{n+1} = \lambda_n \cdot \Delta y_n + \lambda_{n-1} \cdot \Delta y_{n-1} + \lambda_{n-2} \cdot \Delta y_{n-2} + \dots + \lambda_1 \cdot \Delta y_1, \tag{6.4}$$

де  $n$  – кількість періодів “передісторії”, дані за які будуть використовуватись як база для складання прогнозів на майбутнє;

$\Delta y_n, \Delta y_{n-1}, \Delta y_{n-2}, \Delta y_1$  – ланцюгові абсолютні прирости статистичних даних;

$\lambda_n, \lambda_{n-1}, \lambda_{n-2}, \lambda_1$  – коефіцієнти, розраховані для кожного періоду.

Коефіцієнт  $\lambda$  розраховується за формулою:

$$\lambda_i = \frac{i \cdot \varepsilon}{n}, \tag{6.5}$$

де  $i$  — число, яке відображає послідовний натуральний ряд періодів “передісторії” (починаючи з найбільш раннього -  $i=1$  і до останнього -  $i=n$ );

$\varepsilon$  - визначається залежно від  $n$  з таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Розрахункові значення показника  $\varepsilon$

$n$	3	4	5	6	7	8
$\varepsilon$	0,500	0,400	0,333	0,286	0,250	0,222

Для прикладу визначимо значення  $\lambda$  у випадку, коли відомі дані про прибуток підприємства (табл. 6.2) за 5 минулих років ( $n=5$ ), і на цій основі складемо прогнози на майбутнє.

Таблиця 6.2 – Прибуток підприємства у 2007-2011 рр.

Роки	Прибуток підприємства, тис. грн.
2007	85
2008	89
2009	91
2010	95
2011	97

Згідно таблиці 6.1 при  $n=5$   $\varepsilon=0,333$ . Звідси коефіцієнти  $\lambda$ :

$$\lambda_1 = \frac{1 \cdot 0,333}{5} = 0,067; \lambda_2 = \frac{2 \cdot 0,333}{5} = 0,133; \lambda_3 = \frac{3 \cdot 0,333}{5} = 0,200;$$

$$\lambda_4 = \frac{4 \cdot 0,333}{5} = 0,267; \lambda_5 = \frac{5 \cdot 0,333}{5} = 0,333.$$

Результати розрахунку ланцюгових абсолютних приростів прибутку зведені у таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 - Ланцюгові абсолютні прирости прибутку підприємства у 2007-2011 рр.

Роки	Прибуток підприємства, тис. грн.	Ланцюговий абсолютний приріст, тис. грн.
2007	85	–
2008	89	89-85=4
2009	91	91-89=2
2010	95	95-91=4
2011	97	97-95=2

Наявні статистичні дані дозволяють обчислити 4 прирости, у той же час для підстановки у формулу (6.4) їх необхідно 5. За відсутності реального значення потрібно прийняти  $\Delta y_1$  або рівним першому відомому приросту (у нашому випадку  $\Delta y_2 = 4$ ), або середньому арифметичному всіх розрахованих приростів. Якщо підставити обчислені значення  $\lambda_i$  і  $\Delta y_i$  у формулу (6.4), отримаємо прогнозний приріст прибутку підприємства на наступний рік:

$$\Delta \hat{y}_{n+1} = 0,333 \cdot 2 + 0,267 \cdot 4 + 0,2 \cdot 2 + 0,133 \cdot 4 + 0,067 \cdot 4 = 2,9304 \text{ тис. грн.}$$

Тоді прогноз прибутку підприємства за формулою (6.3):

$$\hat{y}_{n+1} = 97 + 2,9304 = 99,9304 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунку прогнозу на основі плинної середньої з допомогою *Microsoft Excel* наведені на рис. 6.8.



	A	B	C	D	E	F	G
		$i$	Прибуток підприємства, тис. грн.	$\lambda$	Ланцюговий абсолютний приріст, тис. грн.	Прогнозний приріст прибутку, тис. грн.	Прогноз прибутку тис. грн.
1	Роки						
2	2007	1	85	0,0666	4		
3	2008	2	89	0,1332	4		
4	2009	3	91	0,1998	2		
5	2010	4	95	0,2664	4		
6	2011	5	97	0,333	2		
7							
8	2012					2,9304	99,9304
9							
10	$n$	3	4	5	6	7	8
11	$\varepsilon$	0,5	0,4	0,333	0,286	0,25	0,222

Рисунок 6.8 – Розрахунок прогнозу методом екстраполяції на основі плинної середньої з допомогою *Microsoft Excel*

Для розрахунку коефіцієнтів  $\lambda$  потрібно виділити діапазон комірок D2:D6, обраних для виведення результатів розрахунків, і в першу його комірку D2 ввести формулу масиву:

$$=B2:B6*D11/5$$

та виконати клавішну комбінацію CTRL + SHIFT + ENTER.

Щоб розрахувати ланцюгові абсолютні прирости, потрібно в активовану комірку E3 ввести

$$=C3-C2$$

і натиснути клавішу ENTER, а потім скопіювати записану формулу в діапазон комірок E4:E6. У комірку E2 записати прийняте значення  $\Delta y_1$ .

Прогнозний приріст прибутку розраховується в активованій комірці F8 на основі формули (6.4) за допомогою функції СУММПРОИЗВ:

$$=СУММПРОИЗВ(D2:D6;E2:E6)$$

Прогноз прибутку підприємства обчислюється в комірці B8 на основі формули (6.5):

$$=C6+F8$$

Як бачимо, особливістю методу плинної середньої є те, що рівень показника, який знаходиться ближче до прогнозованого періоду, чинить більший вплив на значення прогнозу порівняно з віддаленими періодами. Досягається це завдяки коефіцієнту  $\lambda$ .

Друга особливість методу полягає у тому, що при визначенні прогнозу для кожного наступного (після першого) періоду за базу береться прогноз попереднього періоду, а кількість доданків з приростами поступово скорочується на один за рахунок виключення останнього:

$$\hat{y}_{n+2} = \hat{y}_{n+1} + 0,333 \cdot \Delta y_n + 0,267 \cdot \Delta y_{n-1} + 0,2 \cdot \Delta y_{n-2} + 0,133 \Delta y_{n-3};$$

$$\hat{y}_{n+3} = \hat{y}_{n+2} + 0,333 \cdot \Delta y_n + 0,267 \cdot \Delta y_{n-1} + 0,2 \cdot \Delta y_{n-2} \text{ і т.д.}$$

Переваги методу плинної середньої:

- на значення прогнозованих показників впливають у тій чи іншій мірі усі дані “передісторії”;
- прогноз можна скласти на декілька майбутніх періодів.

Наявність альтернативних методів прогнозування дозволяє спеціалістам на основі свого досвіду, знання, інтуїції відібрати найбільш прийнятний.

## ТЕМА 7. МЕТОДИ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ ТРЕНДІВ

- 7.1. Загальна характеристика методів
- 7.2. Вибір виду рівняння тренду
- 7.3. Оцінка тенденції розвитку процесу графічним способом. Метод найменших квадратів
- 7.4. Розрахунок коефіцієнтів рівняння тренду
- 7.5. Екстраполяція трендів з допомогою Microsoft Excel
- 7.6. Оцінка якості рівняння тренду

### 7.1. Загальна характеристика методів

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

$$y = f(t),$$

де  $t$  – змінна часу.

На основі такої функції здійснюється вирівнювання динамічного ряду і прогнозування подальшого розвитку процесу.

Рівняння тренду описує фактичну усереднену на основі “передісторії” тенденцію розвитку процесу. Результат при цьому пов’язується виключно з плином часу. Припускається, що через час можна виразити вплив усіх основних факторів, він акумулює всю їхню дію, яку і виражає у рівнянні тренда. Реальні механізми впливу у наявному вигляді не враховуються.

Разом з тим, не зважаючи на значне поширення, екстраполяція трендів може бути застосована лише у тому випадку, коли розвиток явища достатньо добре описується побудованим рівнянням, а умови, які визначали тенденцію розвитку у минулому, не зазнають значних змін і у майбутньому. При додержанні цих умов екстраполяція здійснюється шляхом підстановки у рівняння тренда значення незалежної змінної  $t$ , яка відповідає величині горизонту прогнозування.

При практичному застосуванні методу, маючи серію даних за минулі періоди, необхідно трансформувати час у прості числа. Тобто, наприклад, самий ранній період, за який використовуються статистичні дані, можна позначити як період 1, наступний за ним - як період 2 і т.д. аж до останнього звітного періоду  $n$ , а прогноз складається для періодів  $t = n + 1$ ;  $t = n + 2$  і т.д.

Процедура прогнозування за допомогою екстраполяції трендів включає наступні етапи:

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

В одній з попередніх тем відзначалося, що істотним недоліком показників середнього абсолютного приросту та середнього коефіцієнта росту є їх залежність тільки від крайніх рівнів динамічного ряду. Цей недолік значною мірою усувається, якщо у формули розрахунку названих показників підставляти не фактичні значення ряду, а вирівняні за певним рівнянням тренду.

Тоді середній абсолютний приріст розраховується наступним чином

$$\bar{\Delta y} = \frac{f(y_n) - f(y_1)}{n-1} = \frac{\dot{y}_n - \dot{y}_1}{n-1}, \quad (7.1)$$

а середній коефіцієнт росту

$$\bar{k}_p = \sqrt[n-1]{\frac{f(y_n)}{f(y_1)}} = \sqrt[n-1]{\frac{\dot{y}_n}{\dot{y}_1}}, \quad (7.2)$$

де  $f(y_1) = \dot{y}_1$  і  $f(y_n) = \dot{y}_n$  – розрахункові значення відповідно першого та останнього рівнів ряду, отриманих в результаті вирівнювання ряду по відібраному рівнянню. На відміну від фактичних даних на рівень крайніх значень вирівняного ряду впливають всі проміжні значення.

## 7.2. Вибір виду рівняння тренду

При виборі виду рівняння необхідно вирішити два питання. По-перше, чи адекватно рівняння відповідає досліджуваним процесам і наскільки воно відображає закономірність тенденції, що склалася. По-друге, чи відповідає воно статистичним критеріям.

Під адекватністю розуміють здатність рівняння найбільш точно відображати природу явищ, що досліджуються.

Статистична оцінка означає відповідність рівняння окремим критеріям, які виражаються системою статистичних характеристик, що будуть розглянуті в останньому питанні даної теми.

Рівняння тренду може бути описане широким спектром залежностей. На практиці переважно використовують функції, параметри яких мають конкретну інтерпретацію залежно від характеру динаміки. Найбільш поширеними є поліноми (многочлени), різного роду експоненти та логістичні криві.

Так, поліном 1-го ступеня, тобто лінійний тренд

$$y = a + bt \quad (7.3)$$

описує процеси, які рівномірно змінюються в часі і мають стабільні прирости ординат.

Якщо знак коефіцієнта регресії  $b$  додатний, то зв'язок прямий, якщо він від'ємний, то зв'язок зворотний. При  $b = 0$  зв'язку між досліджуваними ознаками немає, лінія на лінійному графіку в прямокутній системі координат проходить паралельно осі абсцис.

Поліном 2-го ступеня – квадратичне рівняння (парабола)

$$y = a + bt + ct^2 \quad (7.4)$$

здатний описати процес, характерною особливістю якого є рівноприскорене зростання або зменшення ординат. Як приклад, параболою описується динаміка захворювань при епідемії грипу.

Параметри  $b$  і  $c$  параболічного рівняння залежно від знаків можуть відображати різний характер зміни результативної ознаки  $y$  зі зміною факторної ознаки  $t$  на одиницю власного вимірювання. Якщо знак параметрів  $b$  і  $c$  додатний, то значення результативної ознаки  $y$  поступово збільшуються зі сталою величиною, яка дорівнює  $2c$ . Якщо знак параметра  $b$  буде додатним, а параметра  $c$  - від'ємним, то значення результативної ознаки  $y$  поступово зменшуються зі сталою величиною, яка дорівнює  $2c$ . Числове значення і знак параметра  $c$  характеризують не лише величину зміни результативної ознаки  $y$  зі зміною факторної ознаки  $t$  на одиницю власного вимірювання, яка дорівнює  $2c$ , а й величину згину параболи, тобто ступінь кривизни параболи – величину відхилення параболічної кривої від прямої лінії. Форма параболи визначається параметром  $c$ : при  $c > 0$  гілки параболи спрямовані вгору – парабола має мінімум, при  $c < 0$  гілки параболи спрямовані вниз – парабола має максимум. Значення факторної ознаки  $t$ , за якого результативна ознака матиме екстремум (мінімум або максимум), визначається за формулою

$$t_i = -\frac{b}{2c}. \quad (7.5)$$

Якщо характерною властивістю процесу є стабільна відносна швидкість (темпи приросту), то такий процес описується експонентою, яка може набувати різних форм. Основна (показникова) форма експоненти:

$$y = a \cdot b^t, \quad (7.6)$$

де  $b$  – середня відносна швидкість зміни ординати: при  $b > 1$  ордината зростає з постійним темпом, при  $b < 1$  – навпаки зменшується.

При прогнозуванні динамічних процесів з ефектом насичення, тобто коли темпи зростання (зниження) уповільнюються і рівень наближується до певної межі (наприклад, питомі витрати ресурсів, споживання продуктів харчування на душу населення тощо), використовують клас кривих, які мають горизонтальну асимптоту – межу –  $c \neq 0$ . Найпростіша з них – модифікована експонента:

$$y = c + a \cdot b^t. \quad (7.7)$$

Якщо  $a < 0$  - межа знаходиться вище кривої, якщо  $a > 0$  - межа знаходиться нижче кривої.

Експоненту також можна представити у вигляді:

- степеневій функції

$$y = a \cdot t^b; \quad (7.8)$$

- експоненційній функції

$$y = a \cdot e^{bt}, \quad (7.9)$$

де  $e = 2,718$  – основа натурального логарифма.

Параметр  $b$  степеневого рівняння регресії називається коефіцієнтом еластичності. Він показує на скільки відсотків у середньому зміниться теоретичне значення результативної ознаки  $y$  зі зміною факторної ознаки  $t$  на 1 %, а параметр  $a$  – значення  $y$  при  $t = 1$ .

У разі, коли обмежувальний фактор починає впливати лише після певного моменту, до якого процес розвивається за експоненційним законом, найкраще використовувати S-подібну функцію з точкою перегину, в якій прискорене

зростання змінюється уповільненням (наприклад, попит на новий товар спочатку незначний; потім після визнання споживачами він стрімко зростає, але в міру насичення ринку темпи зростання уповільнюються і попит стабілізується на певному рівні). Аналогічно розвиваються процеси нововведень, ефективність використання ресурсів. З поміж S-подібних функцій найпоширенішою є логістична крива:

$$y = \frac{c}{1 + b \cdot e^{-at}} \quad (7.10)$$

У страховій і демографічній галузях використовують іншу S-подібну функцію – криву Гомперца:

$$y = c \cdot a^{b^t}, \quad (7.11)$$

або у логарифмах

$$\lg y = \lg c + b^t \lg a. \quad (7.12)$$

Таким чином, крива Гомперца приводиться до модифікованої експоненти, у якої сталими є відношення приростів ординат у логарифмах.

Загалом, перелік функцій, які можуть бути використані для екстраполяції трендів, налічує кілька десятків рівнянь, які описують різні процеси розвитку. Вибір типу моделі у конкретному випадку ґрунтується на теоретичному аналізі специфіки процесу, його внутрішньої структури, взаємозв'язків з іншими процесами. На основі такого аналізу в загальних рисах визначається характер динаміки (рівномірний, рівноприскорений, з насиченням тощо) та окреслюється коло функцій, здатних апроксимувати цей процес.

Серйозною підмогою при виборі конкретної моделі слугують формальні методи. Скажімо, для поліномів — це аналіз послідовних різниць між суміжними рівнями ряду. Якщо приблизно рівними є різниці 1-го порядку  $\Delta_i = y_i - y_{i-1}$ , то процес описується лінійним трендом, якщо однакові різниці 2-го порядку  $\Delta'_j = \Delta_i - \Delta_{i-1}$  - слід використовувати параболу і т. д.

Певні складнощі можуть виникнути при виборі S-подібної кривої, яка до точки перегину описує експоненційний тренд, а сама точка перегину може бути за межами динамічного ряду. Перевага S-подібній кривій віддається, якщо межа насичення теоретично можлива і процес у майбутньому може згасати або існують певні обмеження для процесу (правові, матеріальних ресурсів, виробничих потужностей тощо).

Оскільки вибір функції для опису тренду є принциповим моментом, треба пам'ятати, що функція, яку ми вибираємо, повинна змінюватися приблизно так, щоб описати економічну логіку розвитку досліджуваного процесу. Вона зовсім не обов'язково має проходити максимально близько до усіх даних спостережень, оскільки вони завжди містять у собі окрім тренду нерегулярну, сезонну і циклічну компоненти. Вона має показувати саме стійку тенденцію змін.

### 7.3. Оцінка тенденції розвитку процесу. Метод найменших квадратів

На практиці, перш ніж приступати до вибору виду рівняння, рекомендується оцінити природу зв'язку. Для цього використовують різні підходи, наприклад метод послідовних різниць, коли послідовно розраховують різниці між рівнями ряду, за значенням яких можна оцінити характер зміни показників у часі. В іншому випадку можна провести попередній візуальний аналіз даних, виходячи з зображення динамічного ряду на графіку. Це дасть змогу виявити характерні особливості ряду і відповісти на питання:

- чи є він відносно гладким або сильно „порізаним”;
- чи має виражену тенденцію до зміни і яку – на зростання чи на спад; лінійну або виражену нелінійну; з точкою перегину або з насиченням;
- чи простежується сезонність;
- наскільки великою є різниця між найменшими та найбільшими значеннями часового ряду;
- чи має він раптові відхилення в більшу чи меншу сторони у порівнянні з основною масою спостережень, тощо.

Розглянемо цей процес на прикладі. Нехай відомі статистичні спостереження про досліджуваний процес за дев'ять періодів ( $y_1, y_2, y_3, \dots, y_9$ ). Це так звані реальні дані, тобто ті, що були задокументовані в момент “ $t$ ” для досліджуваного процесу “ $y$ ”. Нанесемо їх на графік в координатах  $y-t$  (рис. 7.1). Графічне відображення реальних даних (реальних спостережень) називається “хмарою спостережень”.

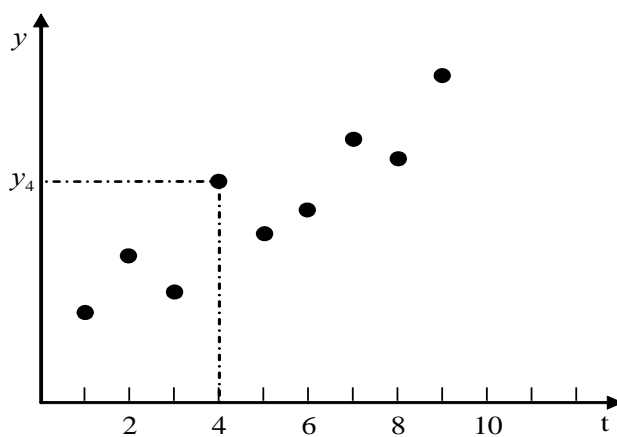


Рисунок 7.1 – “Хмара спостережень”

При візуальному аналізі видно, що між “ $y$ ” і “ $t$ ” існує певний зв’язок: зі зростанням “ $t$ ” зростає і “ $y$ ”. Але цей зв’язок не є абсолютно ідеальним. Тому його називають статистичним, на відміну від функціонального, де він може бути точно і однозначно виражений формулою (наприклад, якщо б усі точки ідеально лягли на одну лінію).

Складність полягає у встановленні виду зв’язку. На перший погляд досить добре описує тенденцію розвитку пряма лінія (рис. 7.2, а). Проте зробити такий однозначний висновок важко, тому при аналізі слід враховувати тенденції процесу, який описується.

Наприклад, якщо “у” відображає обсяг продажу певного товару, то слід визначити на якій стадії життєвого циклу знаходиться цей товар. Можливо, розглядається обсяг продажу товару, що знаходиться на підйомі свого життєвого циклу, і ймовірно, що деякий час його продажі будуть мати виражену тенденцію до прискореного зростання (рис. 7.2, б). На етапі сталого зростання процес найкраще відобразатиметься саме прямою лінією (рис. 2, а). Разом з тим обсяг продажу не може зростати нескінченно, адже з часом відбувається певне насичення товаром, і якщо процес близький до насичення ринку, зростання продажу сповільниться (рис. 7.2, в).

Таким чином, якщо на основі відомих дев'яти статистичних спостережень скласти прогноз на наступний період за допомогою трьох названих варіантів розвитку процесу (трьох різних функціональних залежностей), то результат буде істотно різнитися (продовження кожної з ліній до точки “t=10”, значення абсцис якої відмічено пунктирною лінією (рис.2, г)).

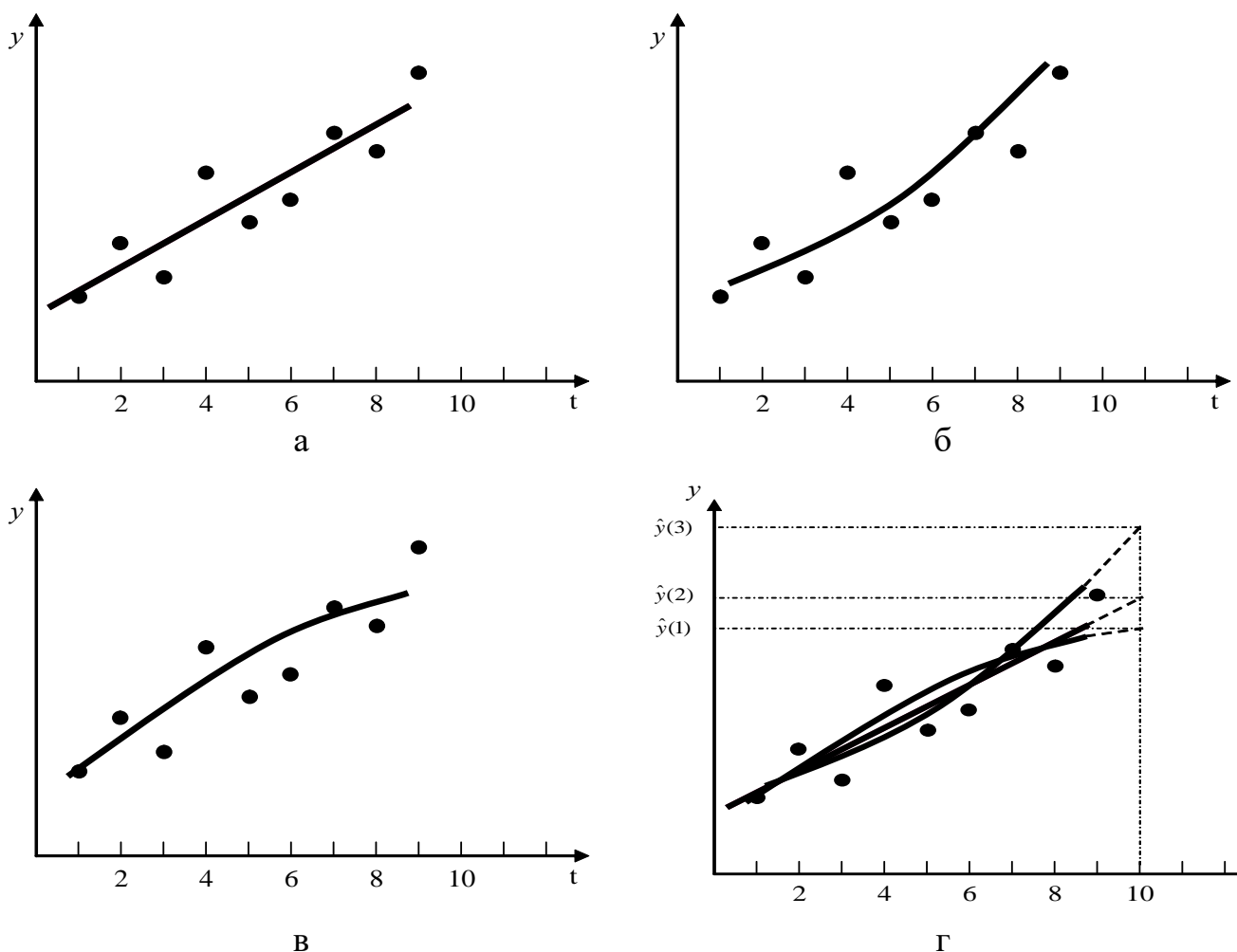


Рисунок 7.2 – Можливі варіанти опису тенденції розвитку процесу та складання прогнозів з використанням різних видів функцій

Як можна бачити, коректна оцінка тенденції є критично важливою. Помилка з вибором форми залежності (специфікації моделі) може виявитися руйнівною для прогнозу.



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

Наприклад, існує два можливих варіанти опису процесу за допомогою прямих ліній (рис. 7.3). Для вибору оптимального варіанту слід у кількісній формі розрахувати величини різниць між реальними спостереженнями  $y_i$  і значеннями відповідної функції-оцінки  $\dot{y}_i$

$$p_i = y_i - \dot{y}_i. \quad (7.13)$$

Чим вони будуть меншими, тим кращою буде оцінка. Ці різниці відображено на рисунку 7.3 фігурними дужками, повернутими вліво для однієї лінії та вправо – для другої.

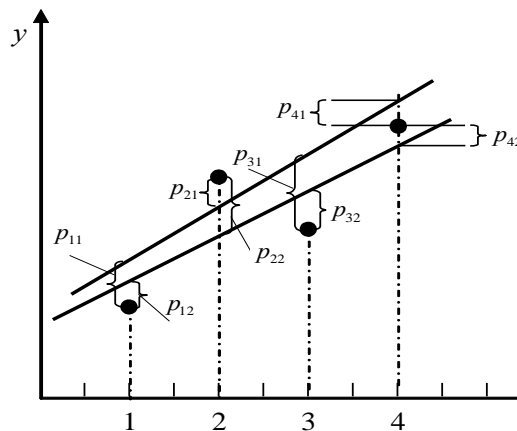


Рисунок 7.3 – Схема оптимізації вибору розрахункової функції

Обчислені різниці між реальними даними та оціночною функцією називаються залишками. На перший погляд найпростіший варіант вибору оптимальної функції полягає у сумуванні залишків кожної оціночної функції за всі періоди. Та функція, для якої ця сума була б найменшою, могла б вважатися найкращою. Проте у цьому випадку є один важливий аспект: як видно з рис. 7.3, частина залишків розташована вище своєї оціночної функції, а частина – нижче. Відповідно деякі різниці між реальними даними та функціями є позитивними, а деякі – негативними. При простому сумуванні їх вплив буде взаємно погашатися, тобто отримати реальну інформацію про якість оцінки таким шляхом важко. Існують різні виходи з цієї ситуації: можна брати абсолютну величину залишків (їх модулі), і в окремих випадках так і поступають. Але практичніше з розрахункової точки зору просто піднести залишки у квадрат. Суми квадратів залишків і є тією мірою, яка найбільш часто використовується для визначення кращої функції. На цьому принципі базується *метод найменших квадратів*, згідно якого кращою оціночною функцією буде та, яка забезпечує мінімальну суму квадратів залишків:

$$\sum (y_i - \dot{y}_i)^2 = \min. \quad (7.14)$$

#### 7.4. Розрахунок коефіцієнтів рівняння тренду

Вибір виду рівняння завершує лише певний етап прогнозування. Оскільки різні дослідники можуть надавати перевагу тому чи іншому рівнянню, то наступний крок полягає у визначенні параметрів функцій та в оцінці якості статистичних характеристик рівнянь.

Параметри (коефіцієнти  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) рівнянь визначаються за допомогою методу найменших квадратів.

Для визначення параметрів поліномів (7.3-7.4) останні шляхом перетворень зводяться до системи нормальних рівнянь, які мають вигляд:

- для лінійного рівняння тренда

$$\begin{cases} \sum y = a \cdot n + b \cdot \sum t \\ \sum y \cdot t = a \cdot \sum t + b \cdot \sum t^2 \end{cases}; \quad (7.15)$$

- для квадратичного рівняння

$$\begin{cases} \sum y = a \cdot n + b \cdot \sum t + c \cdot \sum t^2 \\ \sum y \cdot t = a \cdot \sum t + b \cdot \sum t^2 + c \cdot \sum t^3 \\ \sum y \cdot t^2 = a \cdot \sum t^2 + b \cdot \sum t^3 + c \cdot \sum t^4 \end{cases}. \quad (7.16)$$

Розглянемо більш детально лише найпростіший випадок – лінійні (прямолінійні) тренди. Пряма лінія визначається висотою  $a$ , яку вона відтинає на осі  $y$ , і її нахилом (лінійним кутом)  $b$  до осі  $t$ .

Нахил лінії регресії знаходиться розв'язком системи двох приведених вище рівнянь (7.15):

$$b = \frac{\sum t \cdot y - n \cdot \bar{t} \cdot \bar{y}}{\sum t^2 - n \cdot \bar{t}^2}, \quad (7.17)$$

де  $\bar{t}$  та  $\bar{y}$  – середні значення перемінних (відповідно  $t$  та  $y$ );

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n}; \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{n};$$

$n$  – число даних спостережень;

$\sum t$  – сума чисел від 1 до  $n$ ;

$\sum y$  – сума статистичних показників за  $n$  минулих періодів.

Виходячи із знайденого значення  $b$ , можна розрахувати відрізок  $a$ , що відтинається на осі  $y$ :

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{t}. \quad (7.18)$$

На основі  $a$  та  $b$  записується рівняння прямої і з його допомогою складається прогноз (визначається значення  $\hat{y}$ ) для майбутніх періодів шляхом підстановки необхідного значення  $t$ :

$$t = n + 1; t = n + 2 \text{ і т.д.}$$

При розрахунку параметрів  $a$  і  $b$  експонента (7.6, 7.8, 7.9) приводиться до лінійного виду логарифмуванням. Оцінка параметрів функцій, які визначаються логістичною кривою (7.10) або кривою Гомперца (7.11-7.12), порівняно з

поліномами та експонентами – значно складніший процес. Для цього застосовують різні види перетворень, спрощення.

Наприклад, для модифікованої експоненти наперед встановлюється нормативне значення асимптоти  $c^*$ . Тоді цю експоненту можна представити так:

$$y - c^* = a \cdot b^t. \quad (7.19)$$

Після заміни  $(y - c^*)$  на  $z$  і логарифмування рівняння отримується лінійна функція логарифмів

$$\lg z = \lg a + t \lg b. \quad (7.20)$$

Аналогічно приводиться до лінійного виду логістична функція (7.10), яка при подібних замінах у логарифмах набуває такого ж вигляду (7.20). Параметри приведених до лінійного виду функцій, як і параметри поліномів, можна оцінити методом найменших квадратів.

### 7.5. Екстраполяція трендів з допомогою Microsoft Excel

Процес розрахунку параметрів рівняння тренду досить трудомісткий навіть для найпростіших функцій. Його можна значно прискорити шляхом використання програмного комплексу *Microsoft Excel*.

При цьому можливі різні варіанти досягнення потрібного результату. Наприклад, можна за допомогою вбудованих в *Excel* математичних і статистичних функцій знайти розв'язки для систем рівнянь (7.15- 7.16).

Для розрахунку параметру  $b$  прямої лінії за рівнянням (7.17) можна спочатку визначити окремо складові частини формули за допомогою вбудованих функцій шляхом їх вибору через діалогове вікно “*Мастер функцій*” або шляхом набору за допомогою клавіатури відповідних виразів в активованих комірках (рис. 7.4):

- A14 - $\sum t \cdot y$	=СУММПРОИЗВ(B2:B11;C2:C11)
- B14 - $\bar{t}$	=СРЗНАЧ(B2:B11)
- C14 - $\bar{y}$	=СРЗНАЧ(C2:C11)
- D14 - $\sum t^2$	=СУММКВ(B2:B11)
- E14 - $n$	=СЧЁТ(B2:B11)

Підсумковий вираз у комірці D13

$$=(A12-C13*B12*C12)/(B13-C13*B12^2)$$

дає значення  $b = 3,175758$ .

Аналогічний результат можна отримати, якщо в комірці C18 набрати вираз, який повністю відобразить формулу (7.17)

$$=(СУММПРОИЗВ(B2:B11;C2:C11)-СЧЁТ(B2:B11)*СРЗНАЧ(B2:B11)*СРЗНАЧ(C2:C11))/(СУММКВ(B2:B11)-СЧЁТ(B2:B11)*СРЗНАЧ(B2:B11)^2)$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Місяць	Період	Досягнутий показник					
1								
2	Березень	1	125					
3	Квітень	2	136					
4	Травень	3	129					
5	Червень	4	123					
6	Липень	5	126					
7	Серпень	6	133					
8	Вересень	7	139					
9	Жовтень	8	145					
10	Листопад	9	162					
11	Грудень	10	148					
12								
13	$\Sigma t \cdot y$	$\bar{t}$	$\bar{y}$	$\Sigma t^2$	$n$			
14	7775	5,5	136,6	385	10			
15								
16		$b$	$a$					
17		3,175758	119,133333					
18		3,175758						

Рисунок 7.4 – Розрахунок коефіцієнтів рівняння прямої з допомогою математичних і статистичних функцій *Microsoft Excel*

Після введення в комірку E13 виразу

$$=C12-D13*B12$$

буде отримано значення другого параметру рівняння  $a = 119,1333$ .

Таким чином, оптимальне для обраних статистичних даних рівняння прямої матиме вигляд

$$y = 3,175758x + 119,1333.$$

У такого варіанту розрахунку є низка недоліків, зокрема він вимагає певних затрат часу і не дозволяє одночасно з параметрами  $a$  і  $b$  отримати інші якісні показники, необхідні для подальшої статистичної оцінки знайденого рівняння. Крім того, при зміні типу функції потрібно проводити окремі розрахунки.

У *Microsoft Excel* є можливість усунути зазначені недоліки і досягти потрібного результату значно простіше. Етапи цього процесу:

1. В таблиці статистичних даних, утримуючи ліву кнопку миші, виділяються комірки з цифровими даними про обсяг продажу за звітні періоди.

2. Кліком миші запускається функція “*Мастер діаграм*” (рис. 7.5).

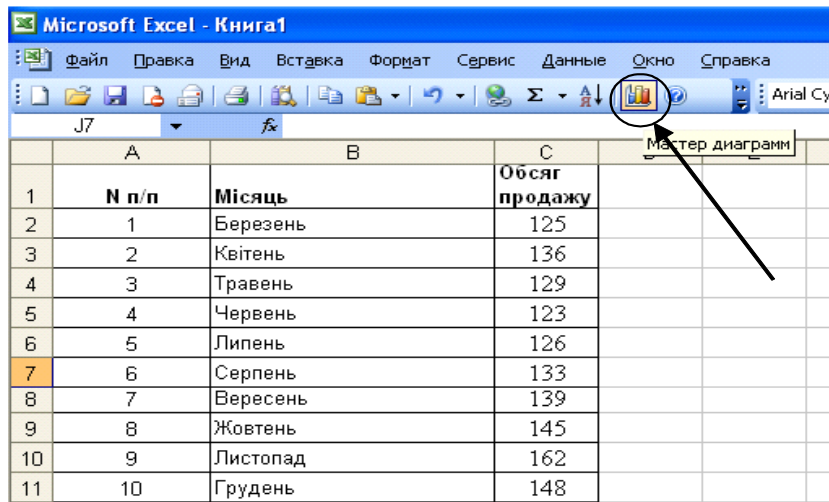


Рисунок 7.5 – Завантаження “Мастера диаграмм”

3. З’являється вікно, де пропонується вибрати форму, у якій будуть зображені дані: гістограма, графік, точкова, кругова, тощо. Оскільки треба проаналізувати характер зміни часового ряду, у лівій частині вікна слід обрати “Графік”. У правій частині з’являються різні види графіків. Зручніше використовувати графік з маркерами, на якому точки з’єднані між собою. Якщо не вчиняти ніяких дій, саме цей вид графіка програма обирає автоматично (рис. 7.6).

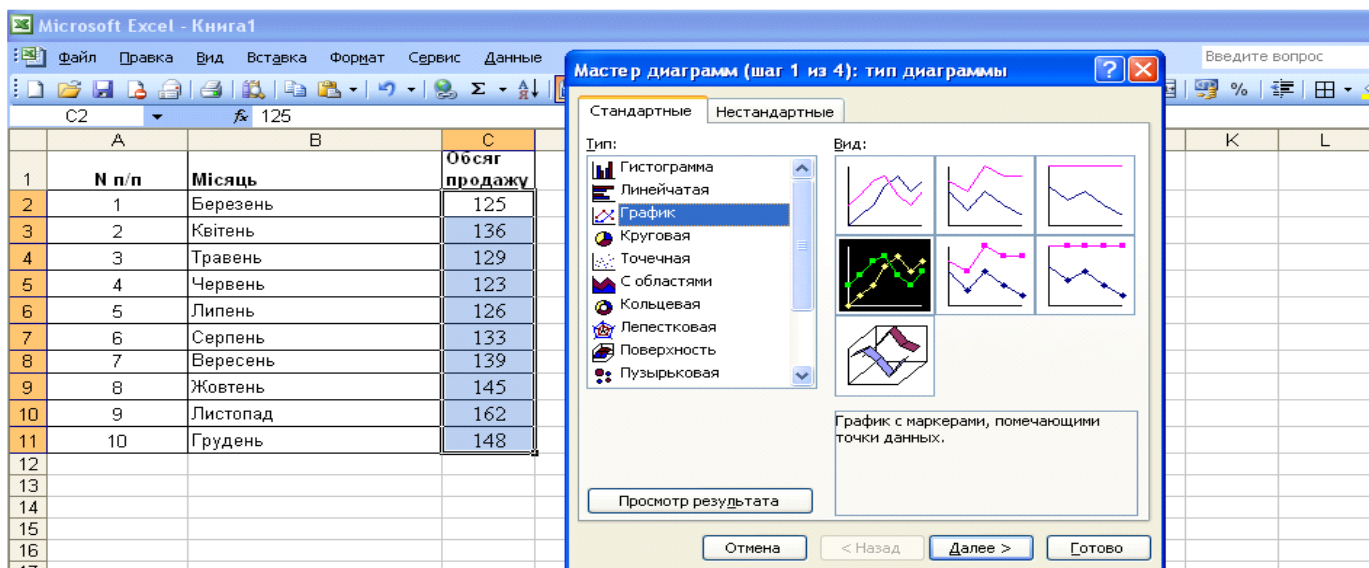
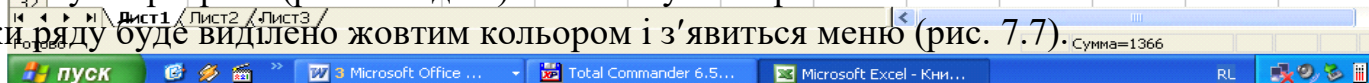


Рисунок 7.6 – Діалогове вікно “Мастера диаграмм”

4. Після натискання команди “Готово” програма видає графічне зображення динамічного ряду. На цьому етапі вже візуально за стабільністю та характером зміни даних можна оцінити шанси отримати коректний прогноз та вибрати конкретний тип рівняння.

5. На отриманому графіку слід навести курсор “миші” на будь-яку точку, відмічену маркером (реальні дані) і “клікнути” правою кнопкою “миші”. Усі точки ряду буде виділено жовтим кольором і з’явиться меню (рис. 7.7).



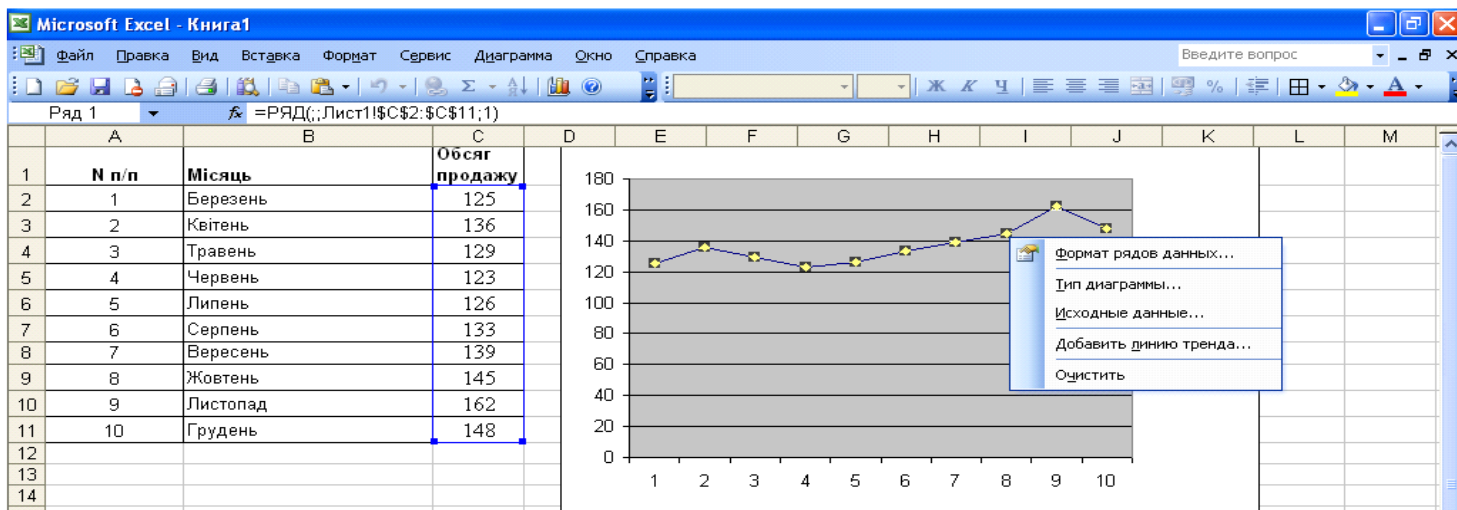


Рисунок 7.7 – Меню “Добавить линию тренда...”.

6. У меню вибираємо пункт “Добавить линию тренда...”. З’явиться нове вікно “Линия тренда”, вкладка “Тип” (рис. 7.8, а), яка пропонує обрати один з шести типів рівнянь. Якщо примусово не задати іншого, то програма автоматично обирає найпростіше – лінійне рівняння.

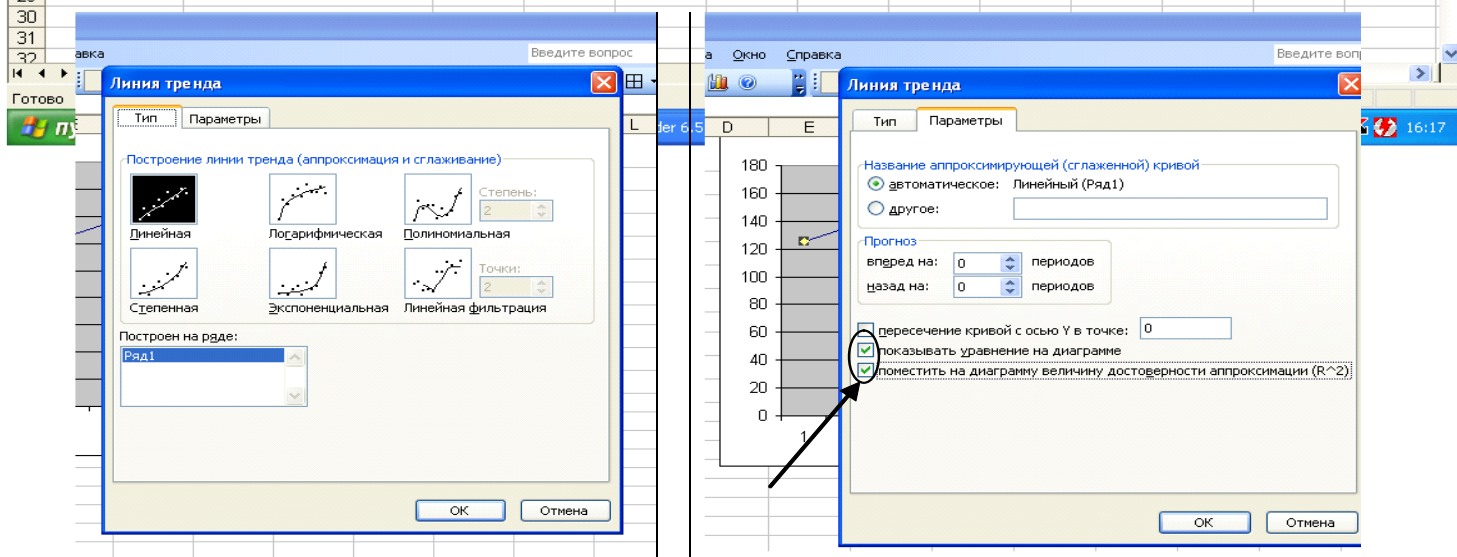


Рисунок 7.8 – Діалогове вікно “Линия тренда”:

- а) вкладка “Тип”;
- б) вкладка “Параметры”

7. Після вибору типу рівняння у цьому ж вікні слід перейти на вкладку “Параметры” (рис. 7.8, б). Внизу вікна будуть опції “Показывать уравнение на диаграмме” та “Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации” (це коефіцієнт детермінації, суть якого буде розглянута дещо пізніше у цій же темі) – у робочих полях зліва від цих опцій слід поставити відмітки.

8. Після натискання “ОК” програма автоматично опрацює дані і видасть графік, на якому пряма лінія покаже найкращий варіант апроксимації процесу

згідно обраного рівняння (рис. 7.9). Поруч з лінією буде наведене і рівняння, за допомогою якого можна отримати потрібні прогнози на майбутнє, та коефіцієнт детермінації, який дозволить оцінити якість обраного типу рівняння:

$$y = 3,1758x + 119,13; R^2 = 0,6143. \quad (7.21)$$

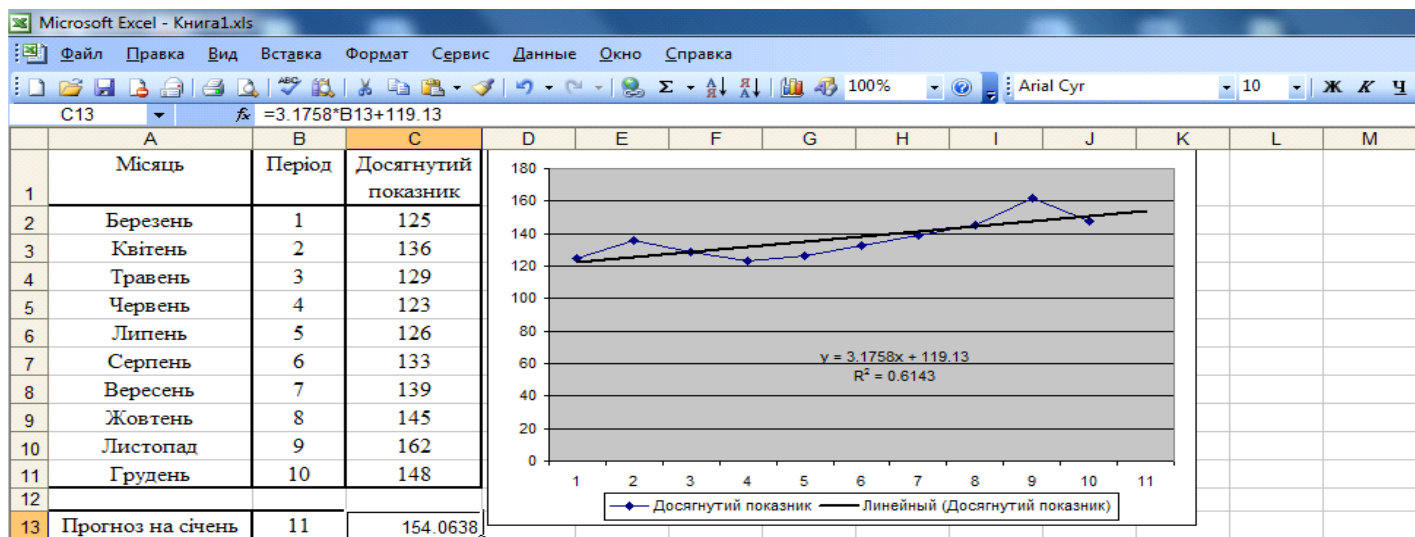


Рисунок 7.9 – Результати розрахунку параметрів рівняння прямої та складання на їх основі прогнозу на січень місяць

9. Самі прогнози можна автоматично отримати на цьому ж графіку, якщо на вкладці “Параметри” вікна “Лінія тренда” в полі “Прогноз” задати певну кількість періодів прогнозу наперед (щоб зробити це практично, треба заново виконати пункти 6-9). Тут слід відзначити один недолік: прогноз буде лише графічний, його числові значення на діаграмі отримати не можна. Їх необхідно розраховувати окремо шляхом набору отриманого рівняння в таблиці Excel, як це продемонстровано для січня на рисунку 7.9.

“Мастер диаграмм” Microsoft Excel надає ще одну істотну можливість при складанні прогнозів – він дозволяє на одному графіку відобразити кілька різних типів рівнянь. Для нанесення наступної лінії апроксимації на графіку необхідно заново виконати п. 6-9.

Як приклад, на рис. 7.10 наведено результати розрахунку для чотирьох типів рівнянь:

- лінійного

$$y = 3,1758x + 119,13; \\ R^2 = 0,6143;$$

- полінома другого ступеня (квадратичного рівняння)

$$y = 0,5227x^2 - 2,5742x + 130,63; \\ R^2 = 0,7209;$$

- експоненційного

$$y = 120,13e^{0,0227x}; \\ R^2 = 0,6207;$$

- степеневого

$$y = 120,86x^{0,0788};$$

$$R^2 = 0,4369.$$

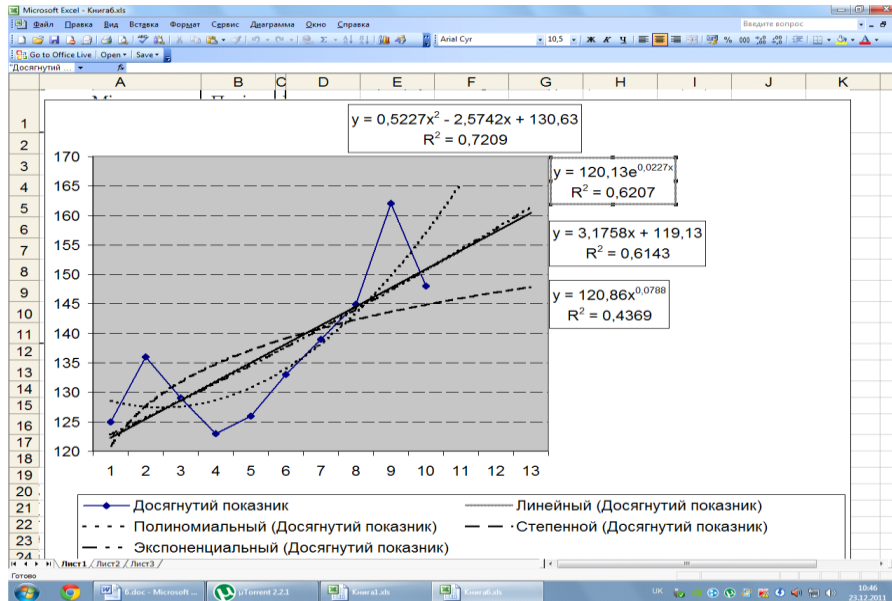


Рисунок 7.10 – Результати розрахунку параметрів різних типів рівнянь за допомогою “Мастера диаграмм”

За наявності різних можливих варіантів складання прогнозів виникає питання вибору найбільш оптимального з них. Саме в цьому полягає істотна перевага використання для розрахунків “Мастера диаграмм” – крім самих рівнянь у результатах містяться коефіцієнти детермінації. Вважається, що чим ближче значення цього показника до 1, тим достовірніше обране рівняння відображає реальний процес. З розглянутих вище рівнянь оптимальним слід вважати поліном другого ступеня (квадратичне рівняння), а найменш вдалим – степеневе рівняння. Проте при цьому слід пам’ятати, що коефіцієнт детермінації характеризує здатність рівняння на основі наявної інформації достовірно описати поведінку процесу в минулому, але не гарантує такої ж картини в майбутньому.

*Microsoft Excel* дозволяє розрахувати параметри лінійного рівняння ще й третім шляхом – за допомогою вбудованої статистичної функції *ЛИНЕЙН*. Доцільність її використання пояснюється тим, що результати такого розрахунку, крім параметрів рівняння  $a$  і  $b$  та коефіцієнта детермінації, містять низку інших показників, необхідних в окремих випадках для більш ґрунтовного аналізу якісних статистичних характеристик отриманого рівняння.

Для застосування функції *ЛИНЕЙН* слід здійснити наступні дії.

1. Поруч з таблицею статистичних даних виділити блок комірок, який містить стільки граф електронної таблиці, скільки параметрів має рівняння, включаючи його вільний член, і п’ять рядків електронної таблиці для запису статистичних характеристик. У розглянутому випадку виділено блок комірок E2:F6.



2. Відкрити діалогове вікно “Мастер функций” і у списку Категория обрати Статистические, а в списку Функция – функцію ЛИНЕЙН і виконати 1КЛ на командній кнопці ОК.

3. Після появи діалогового вікна “Аргументы функции” ЛИНЕЙН у його першому текстовому полі Известные значения у набрати або виділити у таблиці статистичних даних за допомогою мишки блок комірок С2:С11, а в текстовому полі Известные значения х – блок комірок В2:В11, та у текстових полях Константа і Статистика ввести слово “ИСТИНА” або цифру “1” (рис.7.11).

4. Виконати клавішну комбінацію CTRL + SHIFT + ENTER.

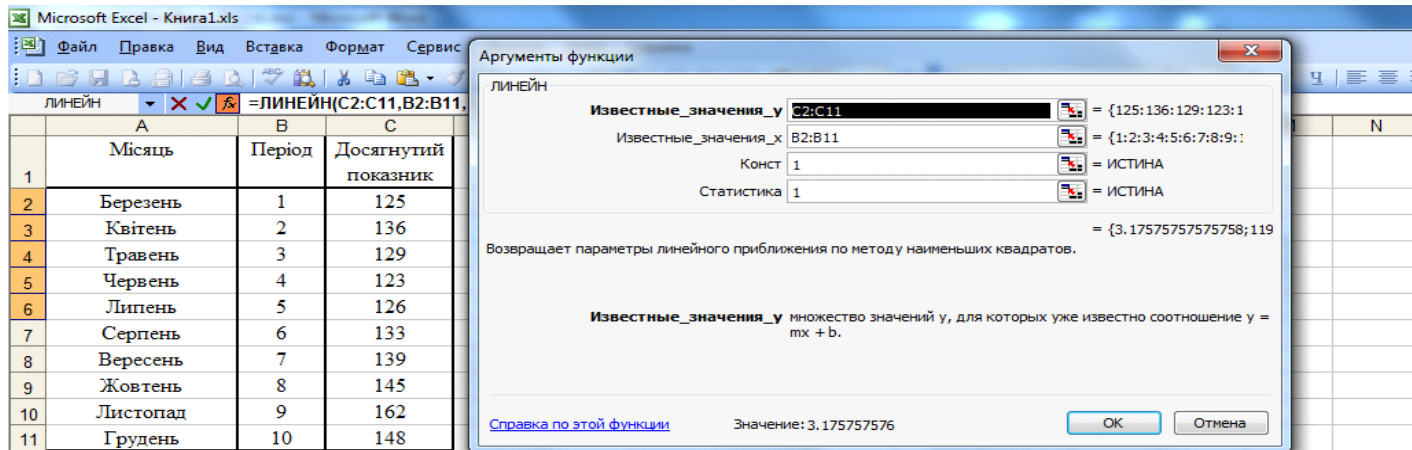


Рисунок 7.11 - Діалогове вікно “Аргументы функции” ЛИНЕЙН

Результати розрахунків з’являться у виділеному блоці комірок E2:F6 у вигляді таблиці (рис. 7.12).

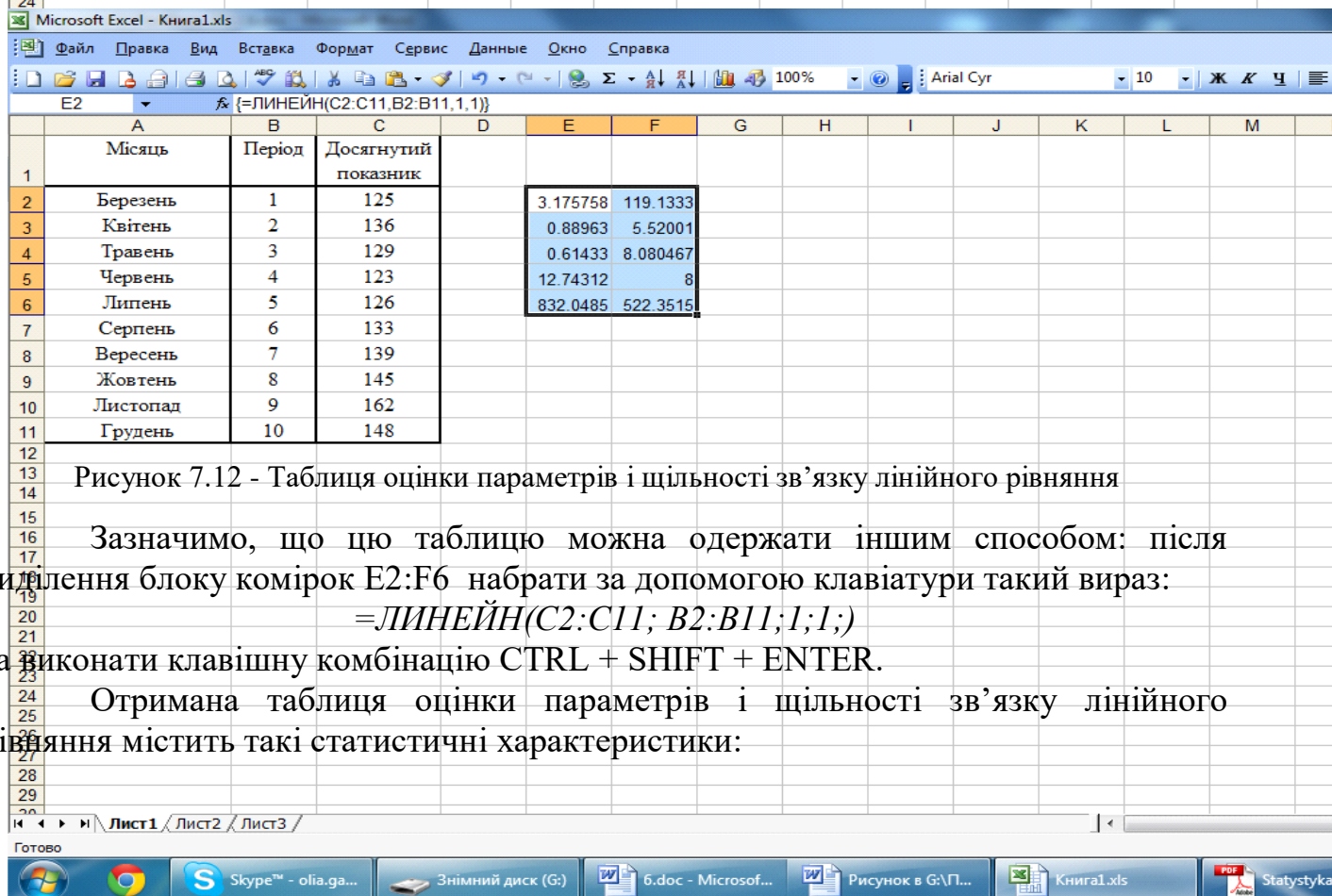


Рисунок 7.12 - Таблица оцінки параметрів і щільності зв’язку лінійного рівняння

Зазначимо, що цю таблицю можна одержати іншим способом: після виділення блоку комірок E2:F6 набрати за допомогою клавіатури такий вираз:

=ЛИНЕЙН(C2:C11; B2:B11;1;1;)

та виконати клавішну комбінацію CTRL + SHIFT + ENTER.

Отримана таблиця оцінки параметрів і щільності зв’язку лінійного рівняння містить такі статистичні характеристики:

- перший рядок – значення параметрів лінійного рівняння – вільний член рівняння регресії  $a=119,1333$  знаходиться в комірці F2, а коефіцієнт регресії  $b =3,17578$  - в комірці E2;
- другий рядок – значення середніх квадратичних похибок відповідних параметрів лінійного рівняння регресії: для параметра  $a$  - в комірці F3, а для параметра  $b$  в комірці E3;
- перша комірка третього рядка E4 містить значення коефіцієнта детермінації  $R^2$ , а друга комірка F4 – середню квадратичну похибку результативної ознаки за рівнянням;
- перша комірка четвертого рядка E5 містить фактичне значення  $F$ -критерію, а друга комірка F5 – число ступенів свободи, зміст яких буде розглянуто дещо пізніше в наступних темах;
- п'ятий рядок містить суму квадратів відхилень.

### 7.6. Оцінка якості рівняння

Якість трендових рівнянь оцінюється за системою різних показників (характеристик).

Найбільш суттєвим показником для оцінки кожного рівняння є:

- для лінійного рівняння  $y = a + bt$  – коефіцієнт кореляції (коефіцієнт лінійної кореляції Пірсона);

- для всіх інших нелінійних рівнянь – парне кореляційне відношення.

Коефіцієнт лінійної кореляції розраховується за формулою:

$$r = \frac{n \sum ty - \sum t \sum y}{\sqrt{[n \sum t^2 - (\sum t)^2] \cdot [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}. \quad (7.22)$$

Цей показник відображає ступінь (або силу) лінійного взаємозв'язку між двома величинами і тому знайшов досить широке використання. Реально коефіцієнт кореляції – це деяке число в межах від +1 до -1 (рис. 7.13).

Коефіцієнт кореляції буде рівний 1 або -1 лише тоді, коли дві величини (у випадку трендових рівнянь –  $y$  і  $t$ ) лінійно залежать одна від другої. Величина  $|r|$ , близька до 1, свідчить про наявність майже лінійного зв'язку, а  $|r|$ , близька до 0 – про те, що зв'язок між величинами або слабкий, або нелінійний. Якщо  $r > 0$ , то зв'язок між величинами прямий, тобто вони разом або зростають, або спадають. При  $r < 0$  зростання однієї величини приводить до спадання іншої.

Коефіцієнт кореляції на практиці часто використовують також і для характеристики нелінійних зв'язків між двома величинами. Якщо  $|r|=0,8\dots0,9$ , то незалежно від форми реального взаємозв'язку можна стверджувати, що такий зв'язок достатньо тісний і його можна аналізувати з використанням коефіцієнта кореляції.

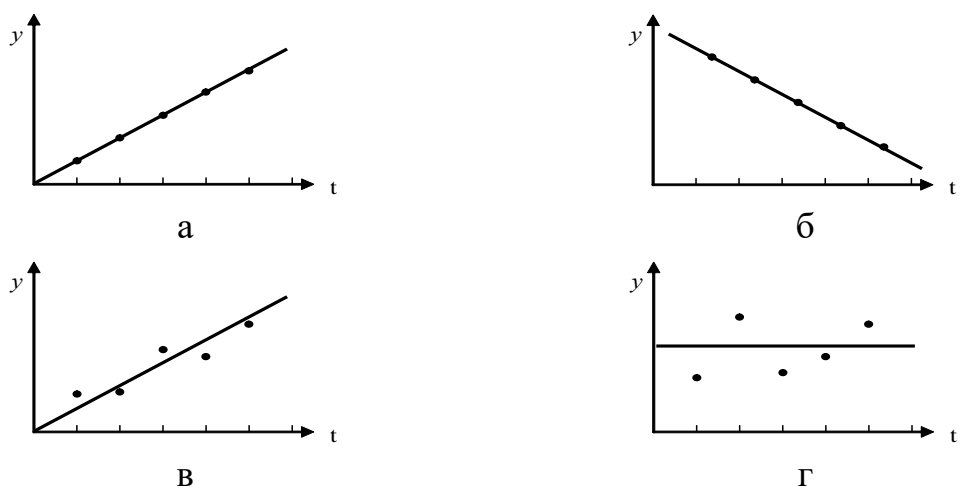


Рисунок 7.13 - Значення коефіцієнта кореляції:

- а) позитивна кореляція  $r = +1$ ;
- б) негативна кореляція  $r = -1$ ;
- в) позитивна кореляція  $0 < r < 1$ ;
- г) немає кореляції  $r = 0$

В *Microsoft Excel* коефіцієнт кореляції можна розрахувати двома шляхами.

Перший варіант передбачає наступну послідовність дій:

1. *Сервіс / Пакет аналізу (або Аналіз даних) / обрати в діалоговому вікні інструмент аналізу “Кореляція” / ОК.*

2. Відкриється вікно “Кореляція”. У ньому треба заповнити наступні поля:

- “Входной интервал” – у статистичній таблиці виділити мишкою в один діапазон комірки з даними “Період” і “Досягнутий показник”;

- “Группирование” – обрати “по строкам” або “по столбцам” залежно від розташування вихідних даних у таблиці;

- Встановити відмітку у полі проти напису “Метки в первой строке”, якщо у вхідному інтервалі виділені комірки з заголовками. У цьому випадку відповідні заголовки будуть відображені у таблиці результатів розрахунку;

- “Выходной интервал” – задати новий лист, нову книгу або верхню ліву комірку таблиці вихідних результатів.

3. *ОК* (рис. 7.14).

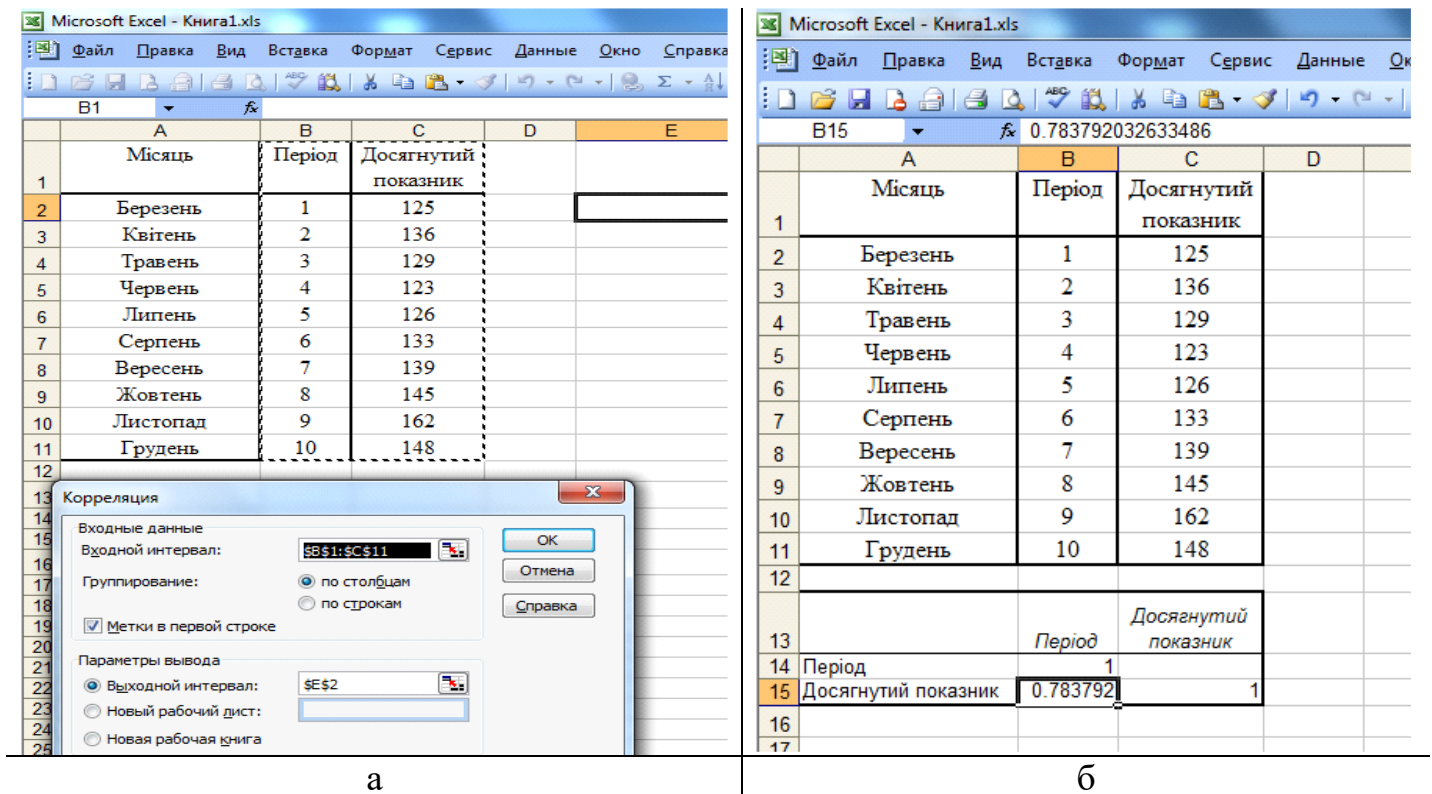


Рисунок 7.14 Розрахунок коефіцієнта кореляції за допомогою інструменту аналізу *Кореляція*:  
 а) діалогове вікно “Кореляція”;  
 б) результати розрахунку

Другий варіант розрахунку коефіцієнт кореляції передбачає наступну послідовність дій:

1. Поруч з таблицею вихідних даних зупинитись курсором в комірці, у якій буде відображено результат розрахунку.
2. Завантажити “Мастер функций” / Категорія *Статистические / КОРРЕЛ / ОК*.

Відкриється вікно “Аргументы функции”, в яке слід окремо занести дані про період – *Массив 1* і про досягнутий показник – *Массив 2*. Значення коефіцієнта кореляції буде відображене у цьому ж вікні зразу ж після занесення вихідних даних під полем *Массив 2* і внизу вікна напроти запису *Значение* та з’явиться у виділеній комірці таблиці після натискання *ОК* (рис. 7.15).

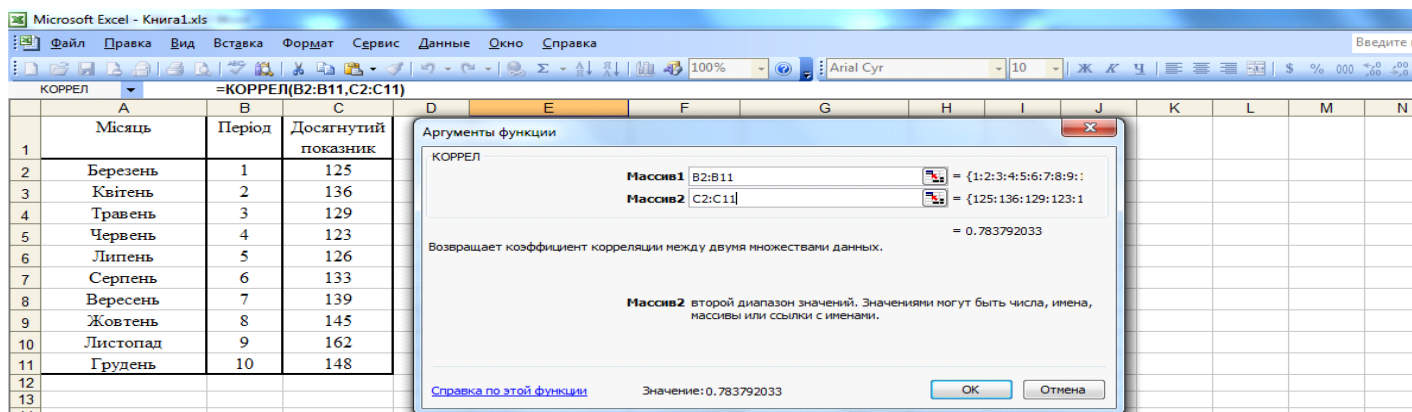


Рисунок 7.15 Розрахунок коефіцієнта кореляції за допомогою статистичної функції *КОРРЕЛ*

Коефіцієнт кореляції є найбільш загальним вимірником, що використовується для встановлення взаємозв'язку між двома лінійними змінними. Проте лінійний зв'язок між величинами існує як при додатній, так і при від'ємній кореляції. Тому частіше застосовується інший вимірник - коефіцієнт детермінації - квадрат від коефіцієнта кореляції –  $r^2$ . Значення  $r^2$  буде завжди додатнім числом в інтервалі  $0 < r^2 < 1$ . Крім того, коефіцієнт детермінації має іншу, більш важливу, властивість – він характеризує процентну зміну залежної перемінної  $y$ , яка визначається трендовим рівнянням. Наприклад, якщо значення  $r^2=0,70$ , то вважається, що 70% загальних змін визначається цим рівнянням.

Парне кореляційне відношення розраховується за формулою:

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum (y_t - \bar{y})^2}}, \quad (7.23)$$

де  $\hat{y}_t$  – розрахункові значення рівнів ряду, отримані за рівнянням тренду.

Програма *Excel* не містить спеціального механізму розрахунку кореляційного відношення, як це передбачено для коефіцієнта кореляції.

Чим далі значення  $r$  або  $\eta$  відхиляється від нуля, тим істотнішим є взаємозв'язок між двома змінними величинами.

Фактично про щільність зв'язку роблять висновки з таких значень показників (значення  $r$  береться по модулю):

$$\begin{aligned} |r| \text{ або } \eta < 0,5 & \text{ — зв'язок слабкий;} \\ 0,5 \leq |r| \text{ або } \eta < 0,7 & \text{ — зв'язок середній;} \\ |r| \text{ або } \eta > 0,7 & \text{ — зв'язок сильний.} \end{aligned}$$

Крім щільності зв'язку для оцінки адекватності рівняння реальним процесам служать наступні показники:

- абсолютне відхилення (абсолютна похибка прогнозу), яке визначається як різниця між фактичним  $y_t$  і прогнозним (розрахунковим)  $\hat{y}_t$  значеннями:

$$p_t = y_t - \hat{y}_t; \quad (7.24)$$

- середнє абсолютне відхилення між фактичними і розрахунковими значеннями функції:

$$\bar{p} = \frac{\sum |p_t|}{n} = \frac{\sum |y_t - \hat{y}_t|}{n}; \quad (7.25)$$

Цей показник є найбільш корисним, коли треба порівняти похибку прогнозу у тих самих одиницях вимірювання, що й реальні спостереження.

- середнє квадратичне відхилення між фактичними і розрахунковими значеннями функції:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (p_t)^2}{n} = \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{n}; \quad (7.26)$$

Цей підхід є більш чутливим до великих похибок прогнозу (оскільки він підводить похибку в квадрат) і дозволяє відстежувати ситуації раптових великих відхилень на фоні помірних похибок.

- середня похибка апроксимації:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum \frac{p_t}{y_t}}{n} \cdot 100 = \frac{\sum \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t}}{n} \cdot 100; \quad (7.27)$$

Середня похибка апроксимації використовується тоді, коли необхідно визначити наскільки дає зміщення той чи інший метод прогнозування, тобто чи не є результат прогнозу систематично завищеним або заниженим. Якщо метод прогнозування не має зміщення, то величина  $\bar{\varepsilon}$  буде близькою до 0. Якщо отримано значний позитивний процент, метод прогнозування дає систематичне переоцінювання (тобто завищення прогнозу в порівнянні з реальним процесом). Якщо ж отримали значний негативний процент, маємо систематичне недооцінювання (заниження прогнозу в порівнянні з реальним процесом).

- середня абсолютна похибка апроксимації:

$$\bar{\varepsilon}_a = \frac{\sum \left| \frac{p_t}{y_t} \right|}{n} \cdot 100 = \frac{\sum \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|}{n} \cdot 100. \quad (7.28)$$

Цей показник є корисним для порівняння точності однієї і тієї ж або різних технік прогнозування на двох цілком різних серіях дослідження.

- та ін.

Порядок розрахунку зазначених показників (формули (7.24–7.28)) у *Microsoft Excel* для розглянутих вище вихідних даних за умови використання лінійної форми тренду наступний.

При визначенні розрахункових значень показника для всіх десяти періодів, для яких є відомі статистичні дані, в активовану комірку D2 слід ввести рівняння прямої (7.21)

$$=3,1758*B2+119,13$$

і натиснути клавішу ENTER, а потім після появи в ній першого значення обчисленого показника виділити її та скопіювати записану формулу в діапазон комірок D3: D11.

Абсолютні відхилення між фактичним і прогнозним значеннями визначаються шляхом введення в активовану комірку E2 формули

$$=C2-D2$$

з наступним її копіюванням після натискання клавіші ENTER в діапазон комірок E3:E11.

Середнє абсолютне відхилення визначається в комірці F12 введенням до неї формули масиву

$$=СУММ(ABS(E2:E11))/СЧЁТ(B2:B11)$$

та виконанням клавішної комбінації CTRL + SHIFT + ENTER.

Математична функція *ABS* дозволяє отримати модуль заданого числа, а статистична *СЧЁТ* використовується для підрахунку кількості статистичних даних.

Середнє квадратичне відхилення знаходиться з допомогою математичної функції *СУММКВ*, яка дозволяє обчислити суму квадратів всіх абсолютних відхилень. В комірці G12 вводиться формула

$$=СУММКВ(E2:E11)/СЧЁТ(B2:B11)$$

При обчисленні середньої похибки апроксимації використовують формулу масиву, внесenu в комірку H12

$$=СУММ((E2:E11)/(C2:C11))/СЧЁТ(B2:B11)*100$$

з виконанням клавішної комбінації CTRL + SHIFT + ENTER.

Аналогічно в комірці I12 визначається середня абсолютна похибка апроксимації за формулою

$$=СУММ(ABS(E2:E11)/(C2:C11))/СЧЁТ(B2:B11)*100$$

з наступною комбінацією клавіш CTRL + SHIFT + ENTER.

Зазначені формули можна набрати за допомогою клавіатури або через “Мастер функций” з виділенням заданих діапазонів комірок.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Місяць	Період	Досягнутий показник	Розраховані значення за рівнянням тренду	Абсолютні відхилення	Середнє абсолютне відхилення	Середнє квадратичне відхилення	Середня похибка апроксимації	Середня абсолютна похибка апроксимації
1									
2	Березень	1	125	122,3058	2,6942				
3	Квітень	2	136	125,4816	10,5184				
4	Травень	3	129	128,6574	0,3426				
5	Червень	4	123	131,8332	-8,8332				
6	Липень	5	126	135,009	-9,009				
7	Серпень	6	133	138,1848	-5,1848				
8	Вересень	7	139	141,3606	-2,3606				
9	Жовтень	8	145	144,5364	0,4636				
10	Листопад	9	162	147,7122	14,2878				
11	Грудень	10	148	150,888	-2,888				
12						5,65822	52,2351611	-0,25850212	4,117384682
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									

Рисунок 7.16 Розрахунок показників оцінки адекватності рівняння тренду у Microsoft Excel

Чим менші значення показників, які розраховані за формулами (7.24–7.28), тим вища якість відібраного рівняння. Граничний рівень встановлює дослідник, опираючись на знання, досвід, особливості даних, що аналізуються, оскільки науково-обґрунтованих рекомендацій з цих питань немає.

## ТЕМА 8. ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТОДАМИ ЕКСПОНЕНЦІЙНОГО ЗГЛАДЖУВАННЯ

- 8.1. Адаптивні методи прогнозування
- 8.2. Метод експоненційного згладжування
- 8.3. Вибір вихідних параметрів
- 8.4. Розрахунок прогнозу з допомогою “Пакету аналізу” Microsoft Excel
- 8.5. Метод експоненційного згладжування з трендовим регулюванням

### 8.1. Адаптивні методи прогнозування

Методи простої екстраполяції динамічних рядів і методи, які використовують рівняння часового тренду, базуються на припущенні про збереження у прогнозованому періоді тих тенденцій, що склалися в “передісторії” (ретроспективі). Якби середні значення коефіцієнта росту і параметри рівняння тренду залишались незмінними для різних відрізків часу, взятих з загального ретроспективного періоду, то названі методи прогнозування в зв'язку з простотою їх використання були б бездоганні.

Однак, як показує досвід, і це підтверджується різними результатами прогнозу залежно від величини ретроспективного періоду, значення параметрів рівняння визначаються кількістю періодів “передісторії”. З практики відомо, що для багатьох економічних процесів характерні як стабільні, так і стрибкоподібні зміни, що істотним чином відбивається на величині параметрів рівняння, розрахованих для різних періодів, а звідси впливає, що і на результатах прогнозу.

При використанні в прогнозуванні рівняння тренду всі рівні ряду в однаковій мірі впливають на параметри рівняння і, таким чином, в однаковій мірі визначають і рівень прогнозованих показників. Проте при прогнозуванні багатьох економічних процесів останній досягнутий показник є набагато впливовішим за його значення два, три і т.д. періодів назад. По мірі віддалення від кінця ряду його рівні чинять все менший вплив на результати прогнозу. Звідси, прогноз головним чином залежать від рівнів ряду, які ближче всього знаходяться до початку прогнозного періоду, тобто більш пізні у часі спостереження.

Саме на врахуванні таких закономірностей ґрунтуються так звані адаптивні методи прогнозування. Сутність цих методів полягає в тому, що здійснюється постійна адаптація результатів прогнозів до нової інформації, тобто прогнози стають більш чутливі до нових даних. Це, природно, значною мірою збільшує точність розрахунків.

Розглянемо цей підхід на прикладі. Нехай на основі динамічного ряду з трьох статистичних даних розрахований лінійний тренд (рис.8.1). За його допомогою побудовано прогноз на наступний 4-й період. Прогнозне значення знаходиться на продовженні лінії тренду на один період вперед до  $t=4$ . Коли четвертий період промине, стане відомо, як саме реалізувався процес насправді. З поступленням реальних даних за цей період можна буде порівняти наскільки зроблений прогноз виправдався. Різниця між реальним значенням спостереження  $y_4$  і прогнозом  $\hat{y}_4$  складе похибку  $p_4$ .



Наявність реального значення похибки дає можливість скоригувати модель, за якою буде розраховуватися прогноз на період  $t=5$  (тоді, можливо, прогноз  $\hat{y}_5$  буде більш точним). Найпростішим видається варіант коригування на величину всієї похибки, але, оскільки реальні спостереження завжди містять певну випадкову компоненту, логічно “виправити” тренд не на усю величину похибки  $p_4$ , а на деяку її частину (як правило, вона позначається  $\alpha$ ), наприклад, на її половину ( $\alpha=0,5$ ). Тоді адаптований до змін тренд пройде за іншою (відхиленою) лінією. Формально це проявиться у зміні коефіцієнтів рівняння лінії, що описувала тренд.

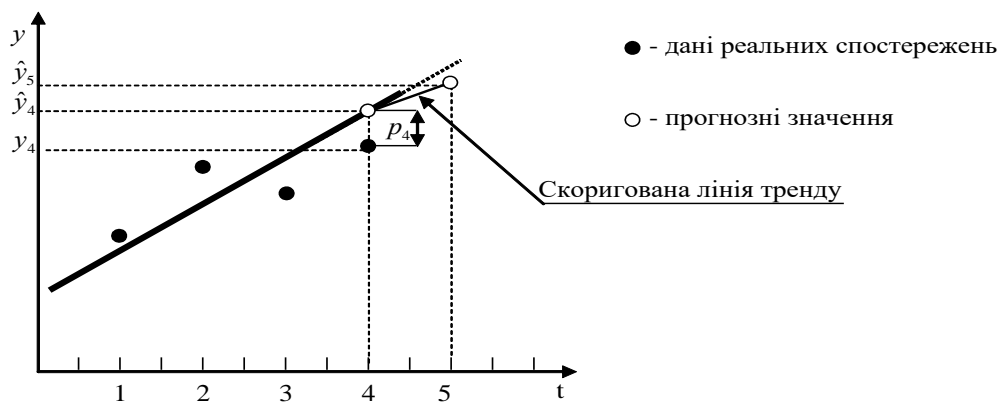


Рисунок 8.1 – Схема адаптації прогнозів до реальних даних

Після отримання реальних даних за п'ятий період можна визначити похибку  $p_5$  і з врахуванням її величини та коефіцієнта  $\alpha$  зробити прогноз на період  $t=6$  і т.д.

Таким чином, тренд постійно адаптується до реальних даних. Він більше не показує середньоочікувану поведінку процесу, а навпаки, максимально близько проходить до вихідних даних, змінюючи свої коефіцієнти з кожною новою інформацією, що надходить. Цим значно підвищується ефективність прогнозування. Величина  $\alpha$  регулює частку нової інформації, яка не була врахована трендом при його побудові на попередніх етапах, але буде врахована при побудові прогнозу на наступний період. В залежності від значення  $\alpha$  тренд оновлюватиметься швидше або повільніше, тому  $\alpha$  іноді називають параметром адаптації, але більш часто - константою згладжування.

На завершення слід відзначити, що не можна однозначно стверджувати про переваги адаптивних методів над іншими у всіх практичних випадках. У кожного з них є як позитивні, так і негативні особливості, свої сфери застосування.

## 8.2. Метод експоненційного згладжування

Одним з методів адаптивного прогнозування є метод експоненційного згладжування (розроблений Р. Браном). В чисельних роботах цю методику було вдосконалено і розвинуто для великої кількості прикладних задач. Метод простий у використанні і може бути успішно застосований у банківській сфері, виробничих компаніях, оптовій торгівлі та інших організаціях. Особлива

ефективність методу досягається за наявності комп'ютерного забезпечення, оскільки воно дозволяє значно пришвидшити розрахунки.

Сутність методу експоненційного згладжування полягає в тому, що кожен елемент (рівень) часового ряду згладжується за допомогою ваги, яка зменшується по мірі віддалення від кінця ряду за експонентою.

Основна формула методу:

$$\text{Новий прогноз} = \alpha \cdot \text{поточне спостереження} + (1 - \alpha) \cdot \text{старий прогноз}$$

або

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_t, \quad (8.1)$$

де  $\hat{y}_{t+1}$  – нове згладжене значення, або прогнозна величина на наступний період;

$\alpha$  – константа згладжування, значення якої знаходиться між 0 і 1 ( $0 < \alpha < 1$ );

$y_t$  – реальна величина спостереження досліджуваного процесу у період  $t$ ;

$\hat{y}_t$  – старе згладжене значення прогнозу на період  $t$ .

Ця формула може бути переписана наступним чином:

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_t = \alpha \cdot y_t + \hat{y}_t - \alpha \cdot \hat{y}_t = \hat{y}_t + \alpha \cdot (y_t - \hat{y}_t). \quad (8.2)$$

З останнього запису видно, що новий прогноз  $\hat{y}_{t+1}$  визначається як старий прогноз  $\hat{y}_t$ , скоригований на частину  $\alpha$  від похибки старого прогнозу ( $y_t - \hat{y}_t$ ).

Якщо врахувати, що старий прогноз  $\hat{y}_t$  визначався з аналогічних міркувань, тобто:

$$\hat{y}_t = \alpha \cdot y_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_{t-1}, \quad (8.3)$$

і підставити це значення у формулу (1), отримаємо

$$\begin{aligned} \hat{y}_{t+1} &= \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot [\alpha \cdot y_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_{t-1}] = \\ &= \alpha \cdot y_t + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot y_{t-1} + (1 - \alpha)^2 \cdot \hat{y}_{t-1}. \end{aligned} \quad (8.4)$$

Цю процедуру можна продовжити для  $\hat{y}_{t-1}$ ,  $\hat{y}_{t-2}$  і т.д. Таким чином, для методу експоненційного згладжування кожне значення  $\hat{y}$  можна вивести через попередні реальні спостереження та прогнози з різними ваговими коефіцієнтами.

Розгортаючи формулу (8.4) назад на попередні значення, отримаємо:

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha \cdot y_t + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot y_{t-1} + \alpha \cdot (1 - \alpha)^2 \cdot y_{t-2} + \alpha \cdot (1 - \alpha)^3 \cdot y_{t-3} + \dots + \alpha \cdot (1 - \alpha)^t \cdot y_0 \quad (8.5)$$

або

$$\hat{y}_{t+1} = \sum_{k=0}^{t-1} \alpha \cdot (1 - \alpha)^k \cdot y_{t-k}; \quad (8.6)$$

де  $y_i$  - значення рівнів базового динамічного ряду.

Величина

$$b_t = \alpha \cdot (1 - \alpha)^k \quad (8.7)$$

- це вага відповідного рівня ряду (значення  $k$  зростає від 0 для останнього рівня базового ряду до  $n$  для початкової величини  $y_0$ ).

Особливість ваг полягає в тому, що вони спадають, причому експоненційно. Чим більш віддалений у часі рівень ряду, тим менша його відносна вага і вклад у загальну тенденцію (прогноз). Так, наприклад, при  $\alpha=0,2$  ваги рівнів базового ряду становитимуть:

для  $y_n - b_1 = 0,2$  ( $k=0$ );

для  $y_{n-1} - b_2 = 0,2 \cdot (1-0,2) = 0,16$  ( $k=1$ );

для  $y_{n-2} - b_3 = 0,2 \cdot (1-0,2)^2 = 0,128$  ( $k=2$ ); і т.д.

Таким чином, надаючи більшу вагу новій інформації, експоненційна середня адаптується до нових умов, що робить її досить ефективним і надійним методом короткострокового прогнозування.

Константа згладжування  $\alpha$  може бути змінена для надання більшої ваги поточним даним (коли  $\alpha$  висока) чи більшої ваги минулим даним (коли  $\alpha$  низька).

Разом з тим від константи  $\alpha$  залежить і кількість впливових минулих періодів. Із збільшенням значення  $\alpha$  кількість таких періодів зменшується. Коли  $\alpha$  досягає 1,0, тоді рівняння методу зводиться до виду

$$\hat{y}_{t+1} = y_t,$$

тобто всі інші, крім останнього, рівні ряду скорочуються і отримується найпростіша модель, коли прогноз для наступного періоду є точно таким, як досягнуте значення показника у поточному періоді.

Метод експоненційного згладжування досить простий і часто використовується для побудови короткострокових прогнозів. Він не потребує додаткової інформації, (наприклад, як регресійні моделі, що будуть розглянуті пізніше), але він дає менше інформації для аналізу природи процесу. За його допомогою неможливо аналізувати внутрішні причини, що впливають на зміни прогнозованої величини. Існує багато модифікацій методу, окремі з яких дозволяють враховувати тренд та сезонну компоненту і отримувати більш точні та надійні результати.

Як приклад застосування методу експоненційного згладжування у практичній діяльності можна навести прогнозування валютного ринку, при якому використовуються 12-денні і 26-денні експоненційні середні курсових цін з константами згладжування відповідно 0,15 і 0,075. Вони розглядаються як швидка і повільна лінії тренду. Значне відхилення між цими середніми свідчить про силу тренду, а перетинання дає сигнал про можливі його зміни. Якщо швидка середня перетинає повільну зверху – це свідчить про майбутнє спадання тренду, якщо ж знизу – про можливість зростання тренду.

### 8.3. Вибір вихідних параметрів

При побудові прогнозу методом експоненційного згладжування однією з проблем є визначення початкових умов: початкової величини  $y_0$  (або  $\hat{y}_t$  – для першого періоду) та константи згладжування  $\alpha$ .

Як початкову величину  $y_0$  ( $\hat{y}_t$ ) можна використовувати середній рівень показника за попередній (до даного динамічного ряду) період, або за відсутності таких даних – перший рівень ряду, тобто  $y_0 = y_1$ .

Вибір константи  $\alpha$  – процес складніший, оскільки різні її значення можуть дати значні розходження прогнозних даних. Єдиної методики розрахунку або обґрунтування значення  $\alpha$  нема.

Автор методу експоненційного згладжування Р. Браун рекомендував наступну формулу для розрахунку  $\alpha$

$$\alpha = \frac{2}{n+1}, \quad (8.8)$$

де  $n$  – період згладжування, тобто число рівнів ряду, для яких динаміка вважається однорідною і стійкою.

Інший підхід полягає в тому, що від параметра  $\alpha$  залежить сума вагових коефіцієнтів на певному часовому інтервалі періодів  $n$ . Тому за наперед заданими значеннями цих величин можна орієнтовно визначити параметр  $\alpha$ :

$$\alpha = 1 - \sqrt[n]{1 - \sum_{i=1}^n b_i}. \quad (8.9)$$

Наприклад, якщо взяти часовий інтервал  $n=10$  місяців і прийняти, що десять значень динамічного ряду будуть визначати 90% величини експоненційної середньої, тобто  $\sum b_i = 0,90$ , то

$$\alpha = 1 - \sqrt[10]{1 - 0,9} \approx 0,2.$$

На практиці найчастіше використовують значення  $\alpha$  в інтервалі від 0,1 до 0,3.

Більша точність прогнозів досягається шляхом підбору цієї константи. У загальному випадку точність моделі прогнозування може бути визначена порівнянням прогнозного значення з реальним (метод “ex-post прогноз”). Найбільш ефективним вважається прогноз з константою  $\alpha$ , для якого отримані найменші значення середнього абсолютного, середньоквадратичного або середнього відсоткового (середньої похибки) відхилення (див. формули (7.21 - 7.25) теми 7).

#### 8.4. Розрахунок прогнозу з допомогою “Пакету аналізу” Microsoft Excel

Для практичної ілюстрації прогнозування методом експоненційного згладжування використаємо “Пакета аналізу” Microsoft Excel. Спрогнозуємо обсяги продажу фірми на основі статистичних даних, зібраних за останні 10 місяців. Вихідні статистичні дані слід внести до електронної вигляді таблиці.

Послідовність наступних дій:

1. Вибрати меню *Сервис / Пакет аналіза (або Аналіз даних) / Експоненціальное сглаживание* (рис. 8.2).

2. Відкривається вікно “*Експоненціальное сглаживание*” (рис. 8.3). У ньому треба заповнити три комірки: “*Входной интервал*”, “*Выходной интервал*”, “*Фактор затухания*”:

- для заповнення “*Входного интервала*” треба спочатку зупинитись у цьому полі, а потім обвести границі інтервалу звітних даних у статистичній таблиці;

- для виводу результатів у полі “*Выходной интервал*” слід задати верхній лівий кут для вихідної таблиці результатів (зупинитись мишкою у тій комірці, починаючи з якої будуть виведені результати розрахунків).

- у полі “*Фактор затухания*” слід проставити величину  $(1 - \alpha)$ , наприклад 0,7, якщо вибрано  $\alpha = 0,3$ .

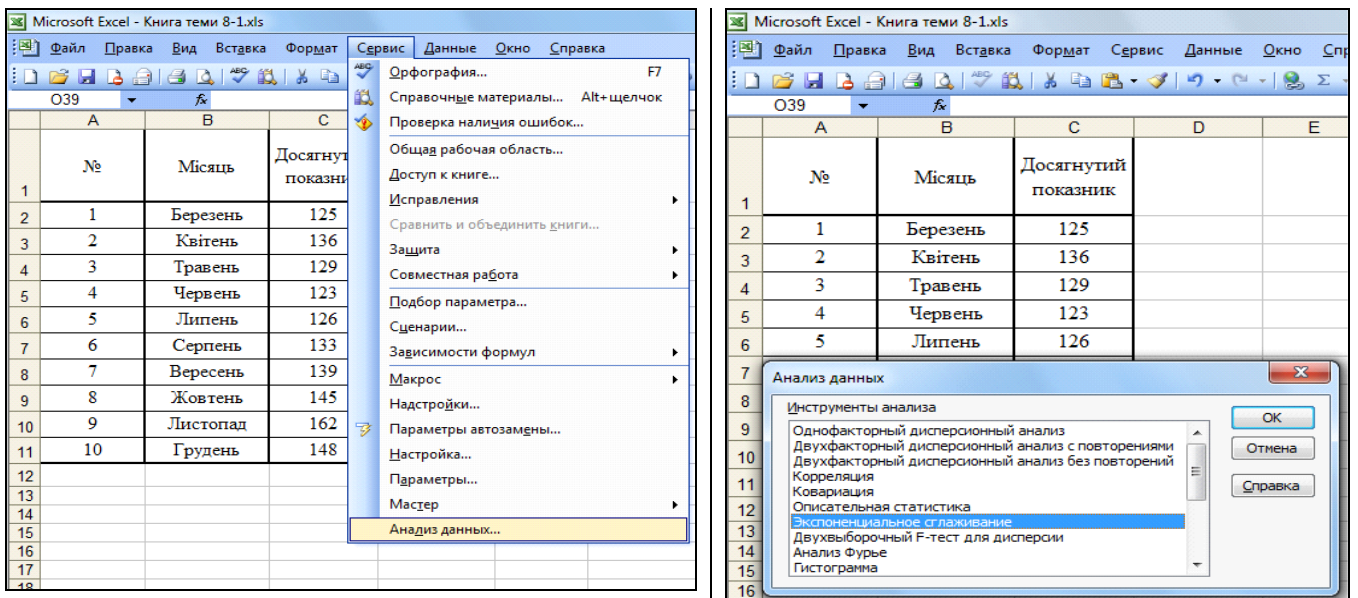


Рисунок 8.2 – Вибір інструменту аналізу “Экспоненциальное сглаживание”

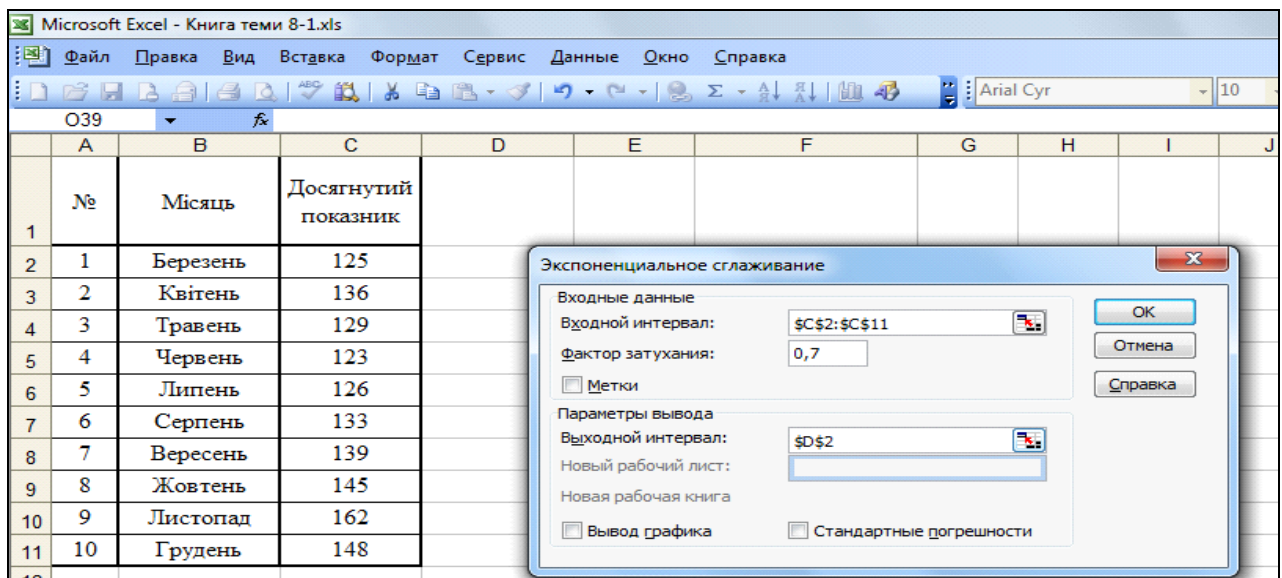


Рисунок 8.3 – Диалогове вікно “Экспоненциальное сглаживание”

3. Якщо вихідний інтервал задати поруч з таблицею статистичних даних, результати розрахунку матимуть вигляд (рис. 8.4)

Таким чином, “Пакет аналізу” розраховує на основі формули (8.1) згладжені значення для кожного звітного періоду, починаючи з третього. Для березня відсутні попередні звітні дані, необхідні для розрахунку, а на квітень за згладжене приймається відоме значення першого рівня ряду. Згладжені значення і будуть прогнозними величинами для відповідних періодів. Для складання прогнозу на плановий період (місяць січень) необхідно виділити комірку з останнім згладженим значенням (D11) і скопіювати її на комірку D12.

	A	B	C	D	E
1	№	Місяць	Досягнутий показник	Згладжені значення в період $t$	
2	1	Березень	125	#Н/Д	
3	2	Квітень	136	125	
4	3	Травень	129	128,3	
5	4	Червень	123	128,51	
6	5	Липень	126	126,857	
7	6	Серпень	133	126,5999	
8	7	Вересень	139	128,51993	
9	8	Жовтень	145	131,663951	
10	9	Листопад	162	135,6647657	
11	10	Грудень	148	143,565336	
12	11	Січень (прогноз)		144,8957352	

Рисунок 8.4 – Результати розрахунку згладжених значень ряду

### 8.5. Метод експоненційного згладжування з трендовим регулюванням

Як і інші методи середніх, просте експоненційне згладжування не пристосоване до регулювання тренду. Тому відома низка вдосконалень, спрямованих на усунення зазначеного недоліку.

Суть методу експоненційного згладжування з трендовим регулюванням полягає в розрахунку прогнозу простим експоненційним згладжуванням, а потім у визначенні позитивного чи негативного лагу в тренді.

Формула має вид наступної рівності:

*Прогноз, що включає тренд = Новий експоненційний прогноз + Корекція тренду.*

Для корекції тренду метод передбачає використання трендової константи згладжування  $\beta$ , так само як у простій експоненційній моделі використовувалася  $\alpha$ .

Розрахунок прогнозу з регульованим трендом проводиться у три етапи.

Етап 1. Розрахунок простого експоненційного прогнозу  $\hat{y}_{n+1}$  для планового періоду за формулою:

$$\hat{y}_{n+1} = \alpha \cdot y_n + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_n, \quad (8.10)$$

де  $\hat{y}_{n+1}$  – прогноз на основі простого експоненційного згладжування;

$\alpha$  – константна згладжування;

$y_n$  – реальна величина спостереження досліджуваного процесу у період  $t$ ;

$\hat{y}_n$  – старе згладжене значення прогнозу на період  $t$ ;

$n$  – число спостережень.

Етап 2. Розрахунок корекції тренду з використанням рівняння

$$T_{n+1} = (1 - \beta) \cdot T_n + \beta \cdot (\hat{y}_{n+1} - \hat{y}_n), \quad (8.11)$$

де  $T_{n+1}$  – згладжений тренд для планового періоду;

$T_n$  – згладжений тренд для попереднього періоду;

$\hat{y}_{n+1}$  – прогноз простого експоненційного згладжування для планового періоду;

$\hat{y}_n$  – прогноз для попереднього періоду;

$\beta$  – трендова константа згладжування.

Початкове значення тренду для першого періоду повинно бути закладене до початку етапу 2 (чи як припущення, чи як огляд минулих даних). Після цього розраховується тренд.

Етап 3. Розрахунок прогнозу з регульованим трендом:

$$\hat{y}_{T(n+1)} = \hat{y}_{n+1} + T_{n+1} \cdot \quad (8.12)$$

Значення трендової константи згладжування  $\beta$  схоже на константу  $\alpha$  в тому, що високе  $\beta$  робить більш впливовими поточні зміни в тренді, а низьке  $\beta$  дає меншу вагу поточним трендам. Значення  $\beta$  може бути знайдене шляхом визначення тих же відхилень, що і  $\alpha$ .

Просте експоненційне згладжування часто називають згладжуванням першого порядку, а згладжування з трендовим регулюванням – згладжуванням другого порядку.

Як приклад прогнозування на основі експоненційного згладжування з трендовим регулюванням можна використати ті ж вихідні дані, що розглядалися вище (рис. 8.2-8.4). Трендова константа згладжування  $\beta=0,2$ .

Прогноз обсягу продажу в січні, розрахований на основі простого експоненційного згладжування, рівний 130,81 тис. грн. (рис. 8.4). Далі потрібно знайти корекцію тренду. Корекція тренду для березня не розраховується через відсутність попередніх звітних даних. Першим розрахунковим періодом буде квітень, для якого корекція приймається рівною нулю, для інших періодів вона визначається за формулою (8.11). Результати обчислень зведені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Результати розрахунку корекції тренду

Місяці	Обсяг продажу, тис. грн.	Згладжені значення в період $t$ , якщо константа згладжування 0,3	Корекція тренду в період $t$
Березень	125	–	-
Квітень	126	125	0
Травень	128	128,3	$(1-0,2)*0+0,2*(128,3-125)=0,66$
Червень	126	128,51	$(1-0,2)*0,06+0,2*(128,51-128,3)=0,57$
Липень	130	126,857	$(1-0,2)*0,21+0,2*(126,857-128,51)=0,13$
Серпень	128	126,5999	$(1-0,2)*0,16+0,2*(126,6-126,857)=0,49$
Вересень	129	128,51993	$(1-0,2)*0,36+0,2*(128,52-126,6)=0,42$
Жовтень	132	131,663951	$(1-0,2)*0,34+0,2*(131,66-128,52)=0,97$
Листопад	133	135,6647657	$(1-0,2)*0,36+0,2*(135,66-131,66)=1,57$
Грудень	132	143,565336	$(1-0,2)*0,53+0,2*(143,57-135,66)=2,84$
<b>Січень</b>	<b>Прогноз</b>	144,8957352	<b><math>(1-0,2)*0,66+0,2*(144,90-143,57)=2,53</math></b>

Прогноз обсягів продаж в січні, складений на основі експоненційного згладжування з трендовим регулюванням за формулою (8.12):

$$\hat{y}_{T(n+1)} = 144,90 + 2,53 = 147,43 \text{ тис. грн.}$$

Для практичної ілюстрації прогнозування методом експоненційного згладжування з трендовим регулювання за допомогою *Microsoft Excel* до таблиці з отриманим прогнозом на основі простого експоненційного згладжування (рис. 8.4) слід додати графу “Корекція тренду в період  $t$ ”. В комірку E3 слід внести 0 – прийняте для квітня значення корекції, а для наступних періодів – обчислити цей показник за формулою 8.11. Для цього в активованій комірці E4 слід записати

$$=(1-0,2)*E3+0,2*(D4-D3)$$

і натиснути ENTER, потім скопіювати зазначену формулу в діапазон комірок E5:E12 (рис. 8.5).

Прогноз на основі експоненційного згладжування з трендовим регулюванням буде розрахований в комірці F12 за формулою

$$=D12+E12.$$

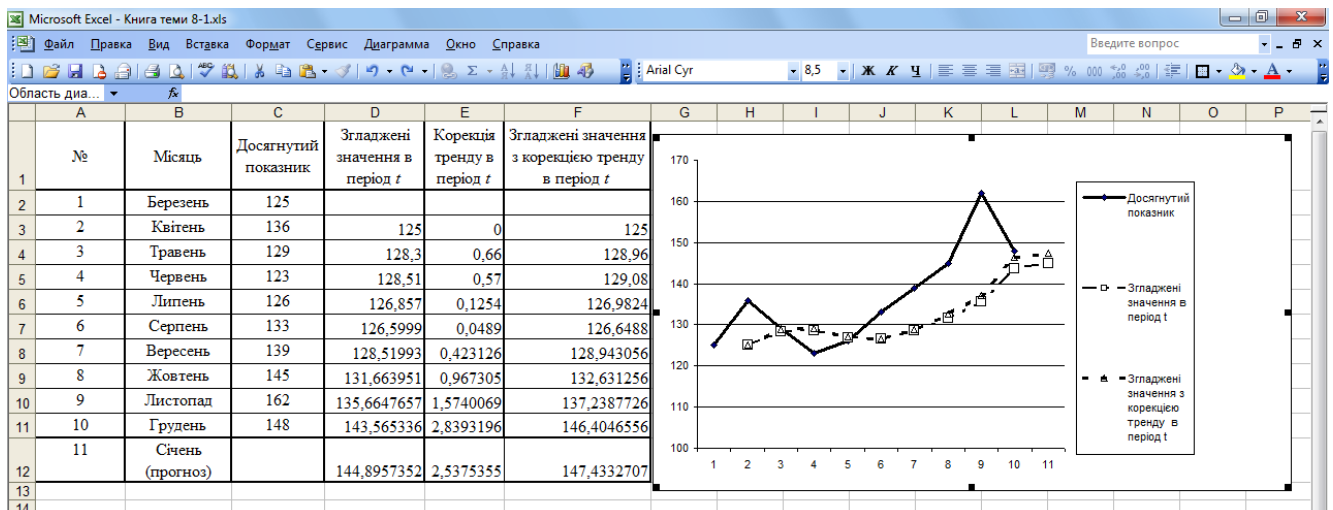


Рисунок 8.5 – Результати розрахунку згладжених значень ряду методом експоненційного згладжування з трендовим регулюванням



## ТЕМА 9. МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ

- 9.1. Поняття і сутність моделювання як інструментарію прогнозування
- 9.2. Загальна характеристика регресійного моделювання
- 9.3. Постановка задачі та вибір системи показників моделі
- 9.4. Вибір та обґрунтування форми зв'язку

### 9.1. Поняття і сутність моделювання як інструментарію прогнозування

Економічним процесам притаманна істотна властивість – висока ступінь взаємних зв'язків різних процесів. Існує складна система взаємовідносин між різними, іноді на перший погляд досить далекими, явищами і подіями, наприклад, змінами прибутковості фірми і змінами процентної ставки національного банку; змінами доходів магазину і рівнем безробіття населення тощо.

Очевидно, знаючи причини (фактори), досить просто передбачити їх наслідки (поведінку досліджуваного процесу). Треба тільки виявити, як саме ці причини впливають на процес, іншими словами, виявити форму залежності між факторами (пояснюючими змінними) і результатом (пояснювальною змінною, досліджуваним процесом). Формальний запис цієї залежності називається моделлю.

*Модель* – це умовне зображення об'єкта, що відображає його найістотніші характеристики, які необхідні для проведення дослідження. Значення моделі у вивченні навколишнього світу полягає в тому, що вона повинна бути проміжною ланкою між теорією і дійсністю, схематично спрощуючи останню. Будь-яка модель виконує основну, прогностичну функцію, без якої побудова її була б недоцільною для теорії і тим більше для практичного використання.

Економічна модель відображає взаємозв'язок окремих параметрів явищ і процесів економічного життя. В економічному прогнозуванні модель замінює процес (явище, об'єкт), і тому стає єдиним інструментом перевірки гіпотези про його майбутній розвиток. Побудована на інформації минулого і сучасного, модель дозволяє теоретично відображати майбутнє.

Економічне моделювання тісно пов'язано з математикою. По суті застосування математичних методів в економіці зводиться до побудови економіко-математичних моделей. Задача побудови економічних моделей є не що інше, як переклад з “мови економіки” на “мову математики”.

Економіко-математична модель не є дзеркальним відображенням реальної дійсності. Модель повинна відображати найбільш істотні, найбільш характерні риси, основні властивості, відношення реального життя. Найважливіша вимога до економіко-математичної моделі полягає в її можливості адекватного відображення економічних процесів. Разом з тим надмірне бажання посилити адекватність моделі призводить до її ускладнення, що часом не дозволяє реалізувати її сучасними програмно-методичними і технічними засобами. Тому потрібен компроміс між складністю моделі і можливістю її реалізації для практичного застосування.

За характером взаємозв'язку прогнозованого показника з факторіальними ознаками усю різноманітність економіко-математичних моделей можна поділити

на дві групи: детерміновані і стохастичні.

До детермінованих відносять ті моделі, результат реалізації яких повністю і однозначно визначений набором заданих параметрів. Ці моделі ґрунтуються на застосуванні лінійної алгебри і представляють собою систему рівнянь, які спільно розв'язуються з орієнтацією на заданий оптимум.

Стохастичні моделі ґрунтуються на законах теорії ймовірності, тобто при їх реалізації вводиться оцінка ймовірності отримання певного результату. Значну частину стохастичних моделей становлять факторні моделі, в яких рівень результативної ознаки визначається впливом факторіальних ознак. У факторних моделях вважається, що дослідивши причини, які формують розвиток певного процесу і навчившись їх прогнозувати, можна спрогнозувати і результат, тобто сам досліджуваний процес.

## **9.2. Загальна характеристика регресійного моделювання**

На відміну від точних наук, в економіці, як правило, не існує суворих функціональних залежностей. На рівень економічних показників впливає багато факторів, як закономірних, так і випадкових, причому деякі фактори можуть бути виражені кількісно, а про інші отримати точну інформацію неможливо. Тому метод моделювання, який використовується для прогнозування економічних показників, базується головним чином на стохастичних моделях, які реалізуються на основі статистичної інформації. Моделі такого виду носять назву економіко-статистичних.

Регресійні моделі – один з найвідоміших прикладів факторних економіко-статистичних моделей, що застосовуються при прогнозуванні економічних процесів. Будуються вони за наступною схемою:

- постановка проблеми, її теоретичне і логічне формулювання;
- аналіз об'єкта прогнозування;
- вибір факторів, що на думку прогнозиста, пояснюють зміни, котрі відбуваються у економічному процесі, який буде досліджуватися;
- збір та підготовка даних;
- підбір форми залежності між факторами і результатом;
- власне розрахунок моделі (оцінювання параметрів);
- перевірка моделі на адекватність реальній поведінці досліджуваного процесу;
- визначення статистичних властивостей моделі: чи є вона стійкою (тобто чи зміниться суттєво при незначних змінах у даних), чи правильно було вибрано фактори і форму залежності;
- при задовільних результатах перевірки – використання моделі для отримання прогнозу.

Специфіка регресійних моделей полягає в тому, що вони найкращим чином розраховують середню тенденцію. Наприклад, за допомогою регресійної моделі можна зробити висновок: “За останні 2 роки обсяг продажів фірми в середньому зростав”. Тобто це не значить, що зростання було безперервним і завжди послідовним, але середня тенденція була саме в зростанні. Тому регресійні моделі добре використовувати на період середньострокових прогнозів. На більш короткому відрізку часу існує висока ймовірність відхилення від середньої

тенденції, при більш довгому періоді існує висока ймовірність, що з'являться нові фактори впливу або зміниться співвідношення між існуючими і виявлена тенденція перестане відображати реальність.

### **9.3. Постановка задачі та вибір системи показників моделі**

Рішенню будь-якої проблеми неодмінно передують точно визначена постановка задачі і її формулювання. На цьому етапі чітко обґрунтовується мета і призначення дослідження та враховуються можливості реалізації поставленої мети (організаційне, технічне, методичне, математичне, програмне забезпечення, наявність підготовлених кадрів).

Складність вирішення поставленої проблеми залежить, в першу чергу, від масштабності прогнозування (макро- і мікрорівень) та особливостей об'єкта прогнозування. Звідси випливає важливість ретельного аналізу об'єкта прогнозування, який по суті визначає розробку прогностичної моделі і вибір методів її реалізації.

Досить складним етапом побудови прогностичної моделі є обґрунтований відбір системи факторів, які характеризують суть, зміст та розвиток досліджуваного процесу. Саме склад факторів визначає логічну структуру економіко-статистичної моделі.

Вибір системи показників, які включені в прогностичну модель, повинен ґрунтуватися на ретельному якісному аналізі змісту досліджуваного процесу (явища, об'єкта), рушійних силах його розвитку, характері найважливіших причинно-наслідкових взаємозв'язків, природі формування останніх.

Розвиток більшості економічних процесів визначається впливом значного числа різноманітних факторів. Дослідник рідко може назвати усі фактори, які у тій або іншій мірі впливають на прогнозований показник, але якщо він навіть знає достатньо багато факторів, включення їх в модель або неможливе, або небажане (наприклад, через відсутність інформації або неможливість вираження показника цифровим матеріалом). Однозначно відомо, що включення значного числа факторів робить модель надто великою і незручною у використанні. До того ж, як показує досвід, надмірне розширення складу факторів не завжди покращує кількісні характеристики моделі.

Тому в модель слід включити головним чином основні найбільш значні фактори, які визначені на основі детального аналізу теорії або наукових гіпотез. Якщо прогнозування здійснюється у малодослідженій галузі науки або практики і загальноприйнятих теорій про природу взаємозв'язків немає, то дослідження можуть опиратися на висунуті робочі гіпотези, логічно обґрунтовані, але фактично не підтверджені.

Щоб виключити суб'єктивну оцінку ролі окремих факторів, застосовується двостадійний відбір факторів. На першій стадії в модель включаються усі передбачені фактори; на другій - шляхом кількісного і якісного аналізу незначні фактори відсіюються.

До включених в модель факторів ставляться певні вимоги:

- фактори, що входять до складу моделі, повинні знаходитися у причинно-наслідкових зв'язках з досліджуваним показником. Такі зв'язки встановлюються

на основі внутрішньої логіки досліджуваного процесу;

- всі включені у модель фактори повинні бути кількісно вимірювані, оскільки реалізація моделі передбачає використання їх числових значень. Змінні можуть бути виражені у різних одиницях виміру: натуральних, вартісних, трудових; абсолютних та відносних;

- кожний фактор може бути включений у модель тільки однією ознакою: натуральною або вартісною, абсолютною або відною. При недотриманні цих умов моделі, а точніше їх параметри, не мають економічної інтерпретації;

- не треба змішувати в одній моделі різні за природою фактори. Наприклад, якщо моделюється обсяг продукції, що виробляється на потужностях підприємства, пояснюючими факторами мають бути фактори виробництва (витрати сировини, витрати на заробітну плату, тощо). Якщо ж моделюється обсяг реалізованої продукції, пояснюючими факторами мають бути фактори попиту (ціна, доходи споживачів, тощо);

- невключення у модель істотного фактора має більш тяжкі наслідки, ніж включення неістотного. Хоч остання операція також є небажаною, статистичні властивості моделі з надлишковими змінними кращі, ніж у моделі з браком істотних змінних;

- доцільно попередньо перевіряти тісноту зв'язків за допомогою кореляційного аналізу – фактори не повинні знаходитися між собою у тісному зв'язку (такий зв'язок називається мультиколінеарним). Тісний зв'язок перешкоджає встановленню дійсного впливу фактора на прогнозований показник і отримані результати не можна вважати надійними. На практиці зв'язок вважається тісним, якщо коефіцієнт парної кореляції між двома факторами по абсолютній величині  $\geq 0,8$  (правда слід зазначити, що вказана межа теоретично нічим не обґрунтована, тому при необхідності більш конкретного пояснення два фактори вважаються мультиколінеарними, якщо коефіцієнт кореляції між ними перевищує сукупний коефіцієнт кореляції всієї моделі);

- доцільно використовувати покрокові процедури включення (виключення) змінних у модель (з моделі) і послідовно оцінювати зміни у t-статистиці, F-статистиці, коефіцієнті детермінації  $R^2$ ;

- у модель, по можливості, слід включати “первинні” фактори, тобто величини, які не пройшли додаткової обробки;

- немає сенсу відбирати для аналізу і прогнозування фактори, про які не можна отримати достовірні дані.

#### **9.4. Вибір та обґрунтування форми зв'язку**

Наступним кроком є встановлення математичної форми зв'язку, тобто вибір і обґрунтування виду рівняння – найбільш відповідальний і складний етап процесу моделювання. Він полягає в знаходженні конкретного аналітичного виразу, який відображає взаємозв'язок досліджуваного показника і факторів, відібраних на попередньому етапі моделювання.

Математично задача зводиться до побудови алгебраїчного рівняння, яке графічно може бути зображено чи у вигляді прямої, чи якогось типу кривої (парна кореляція), чи багатовимірного простору (множинна кореляція).

Із багатьох алгебраїчних рівнянь необхідно вибрати таку модель, яка відповідала б певним умовам:

- по-перше, модель повинна будуватися на базі економічної теорії і відображати об'єктивні закономірності та особливості досліджуваних процесів;
- по-друге, по своєму змісту модель повинна в істинному вигляді відображати структуру досліджуваного процесу; кожна змінна повинна мати певний економічний зміст;
- по-третє, у модель повинні входити тільки величини, які можна виміряти;
- по-четверте, система рівнянь, що формує модель, повинна задовольняти певним математичним вимогам (повнота, однорідність розмірності і т.д.)
- по-п'яте, бажано, щоб модель була порівняно проста для реалізації і зручною для розрахунку низки додаткових параметрів, які мають чітко окреслений економічний зміст і інтерпретація яких значно підвищує аналітичні можливості моделей.

Регресійна модель описує об'єктивно існуючі між явищами кореляційні зв'язки. За своїм характером кореляційні зв'язки надзвичайно складні та різноманітні. В одних випадках результат зі зміною фактора зростає чи зменшується рівномірно, в інших – нерівномірно. Іноді зростання може змінитися зменшенням і навпаки. Простежити всі ці взаємозв'язки і встановити точний функціональний вид практично неможливо. Тому при виборі типу функції йдеться лише про апроксимацію відносно простими функціями незрівнянно більш складних за своєю природою взаємозв'язків. На практиці перевагу віддають моделям, які є лінійними або приводяться до лінійного виду шляхом перетворення змінних, наприклад логарифмуванням. Такий підхід, безперечно, містить у собі певну умовність, оскільки передбачає однаковий характер зв'язку з усіма факторами. Проте використання надто складних функцій неминуче веде до збільшення кількості параметрів, а отже, зменшує точність вимірювання та ускладнює інтерпретацію результатів.

При виборі алгебраїчної форми моделі потрібно врахувати усе, що відомо про логічні основи процесу (явища, об'єкта), використовувати накопичений досвід раніше реалізованих моделей, які описують аналогічні досліджувані процеси. У випадках, коли декілька моделей, не порушуючи логічних основ досліджуваного процесу, в різній мірі задовольняють певним статистичним характеристикам: одні задовольняють деяким критеріям краще, ніж інші, і навпаки, відповідна функція обирається дослідником залежно від значення певної статистичної характеристики, якій він віддає перевагу. Вибір рівняння є в більшій мірі мистецтво, ніж наука.

В принципі, прогнозна модель може бути описана практично будь-яким видом алгебраїчного рівняння. Однак, виходячи із перерахованих раніше вимог, у економічному прогнозуванні доцільніше застосовувати такі види простих багатofакторних моделей:

- лінійну

$$Y_t = b_0 + b_1 \cdot X_{1t} + b_2 \cdot X_{2t} + \dots + b_m \cdot X_{mt} + \varepsilon_t ; \quad (9.1)$$

- степеневу

$$Y_t = b_0 \cdot X_{1t}^{b_1} \cdot X_{2t}^{b_2} \cdot \dots \cdot X_{mt}^{b_m}; \quad (9.2)$$

- логарифмічну

$$\ln Y_t = b_0 + b_1 \cdot \ln X_{1t} + b_2 \cdot \ln X_{2t} + \dots + b_m \cdot \ln X_{mt}, \quad (9.3)$$

де  $Y_t$  - досліджуваний процес;

$X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{mt}$  - пояснюючі фактори у період часу  $t$  (в загальному випадку їх кількість дорівнює  $m$ , причому  $m$  - довільне ціле число, у тому числі і 1, коли фактор тільки один);

$b_0, b_1, \dots, b_m$  - параметри рівняння (коефіцієнти), які треба буде розрахувати;

$\varepsilon_t$  - випадкові похибки.

Випадкові похибки  $\varepsilon_t$  в загальному випадку розрахувати неможливо, тому приймається, що їх вплив не повинен бути істотним.

Для перерахованих моделей легко формується система нормальних рівнянь, на основі якої визначаються параметри рівнянь  $b_i$ . Їх перевагою є можливість економічної інтерпретації параметрів  $b_i$  і отриманої на їх основі додаткової системи показників, кожний з яких має певний економічний зміст.

Застосування інших, більш складних, моделей дозволяє інколи покращити статистичні характеристики, але, як показує досвід, при їх практичному використанні нерідко потрібно накладати значні обмеження і спрощення, внаслідок чого зменшуються їх переваги перед більш "простими" моделями. До того ж у складних моделях параметри рівняння не мають чітко вираженої економічної інтерпретації. Складна модель у такому випадку втрачає своє практичне значення.

## ТЕМА 10. ПОБУДОВА РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

- 10.1. Приклад побудови регресійної моделі
- 10.2. Побудова регресійної моделі за допомогою Microsoft Excel
- 10.3. Перевірка моделі на адекватність та статистичну значущість
- 10.4. Складання прогнозів за регресійною моделлю

### 10.1. Приклад побудови регресійної моделі

Розглянемо процес побудови регресійної моделі на прикладі: нехай для певної торгової фірми, яка займається роздрібною реалізацією будівельних матеріалів, необхідно отримати прогноз обсягів продажу у плановому періоді.

Перш за все, виділимо фактори, які, на нашу думку, істотно впливають на обсяг продажу. Нехай це буде всього два фактори: очікувані доходи споживачів і витрати на рекламу самої фірми.

При виборі математичної форми зв'язку, якщо немає підстав вважати інше, починати слід з найпростішого випадку: лінійної залежності. Лінійна залежність (відповідно лінійна регресійна модель) означає, що фактори враховуються у сумі зі своїми коефіцієнтами (в структурі моделі немає, наприклад, зв'язків типу  $X_{1t} \cdot X_{2t}$  або  $b_3^{X_{2t}}$ ). Для досліджуваного обсягу продажу лінійна модель має вигляд:

$$Y_t = b_0 + b_1 \cdot X_{1t} + b_2 \cdot X_{2t}, \quad (10.1)$$

де  $X_{1t}$  – очікувані доходи споживачів у період часу  $t$ , тис. грн.;

$X_{2t}$  – витрати фірми на рекламу у період часу  $t$ , тис. грн.;

$b_0, b_1, b_2$  – коефіцієнти регресії.

При використанні логарифмічної або степеневі моделі слід спочатку перетворити їх у лінійні рівняння. Для цього степенева модель перетворюється у логарифмічну шляхом логарифмування лівої і правої частин моделі. Потім приймаються умовні позначення  $\ln Y_t = Z_t$ , а  $\ln X_{it} = V_{it}$ , що дозволяє отримати лінійне рівняння:

$$Z_t = b_0 + b_1 \cdot V_{1t} + b_2 \cdot V_{2t}. \quad (10.2)$$

Наступним кроком є розрахунок (оцінка) коефіцієнтів  $b_0, b_1, b_2$ . Коефіцієнти при невідомих, які називають коефіцієнтами регресії, відображають співвідношення між кожним фактором і досліджуваним показником у абсолютних величинах. Власне, лише оцінивши їх, можна отримати прогнозну модель.

Дуже важливо в цьому зв'язку встановити смислове значення знаків (плюс чи мінус) при коефіцієнтах, тобто визначити який коефіцієнт має бути позитивним, а який – негативним. Між економічними показниками існують певні взаємозв'язки, які впливають з їх змісту, внутрішньої природи. Наприклад, між продуктивністю праці і собівартістю при інших рівних умовах, існує зворотний зв'язок, тобто у рівнянні знак перед фактором продуктивності праці повинен бути від'ємним. В протилежному випадку можна прийти до абсурдних висновків.

Тому, як це зазначалось раніше, моделювання повинно опиратися на глибокі фундаментальні знання економічної теорії і об'єкта прогнозування. Керуючись зробленими припущеннями, у нашому випадку і  $b_1$ , і  $b_2$  слід очікувати

позитивними, адже чим більшими є отримувані споживачами доходи, тим більше вони купуватимуть товарів; чим більші витрати фірми на рекламу – тим вищі обсяги її продажів.

Якщо ж в результаті розрахунку знаки при коефіцієнтах не відповідатимуть очікуванім, слід шукати помилку в моделі. Очевидно, що здоровий глузд повинен мати домінуюче місце при аналізі, чи все зроблено правильно. Найбільш очевидні варіанти:

- не врахований якийсь важливий фактор, і його вплив (адже він у реальності нікуди не подівся) розподілився між наявними пояснювальними змінними і тим самим вплинув на зміну знаку;
- зв'язок між змінними насправді не є лінійним (доведеться ускладнити модель);
- більш складний випадок, коли введені пояснюючі змінні дуже залежать одна від одної, тому їх вплив на результат важко розділити чітко.

Введення у модель коефіцієнта  $b_0$  пояснюється наступними міркуваннями. Оскільки майже ніколи не можна стверджувати, що до моделі включено усі значущі фактори, вводиться коефіцієнт, значення якого буде відображувати сукупний вплив тих факторів, що не ввійшли в модель. Адже очевидно, що в реальності їх вплив на розвиток досліджуваного процесу не відміниться, отже, в моделі це має якось відобразитися. Тому в загальному випадку рекомендується завжди включати  $b_0$  в модель.

Останнє, що слід зауважити стосовно коефіцієнтів  $b_1, \dots, b_m$  – вони не є безрозмірними величинами. Причому можливі варіанти, коли у кожного з коефіцієнтів розмірність буде відрізняться.

У нашому прикладі коефіцієнти мають однакову розмірність тис. грн./тис. грн.

Для визначення коефіцієнтів моделі  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_m$  існує кілька методів: метод максимальної правдоподібності, метод моментів, але найбільш простим та доступним і тому найчастіше використовуваним є метод найменших квадратів, який передбачає мінімізацію суми квадратів відхилень між фактичними і розрахунковими значеннями функції:

$$\sum \left( Y_t - \hat{Y}_t \right)^2 = \sum (Y_t - (b_0 + b_1 \cdot X_{1t} + b_2 \cdot X_{2t}))^2 \rightarrow \min \quad (10.3)$$

В загальному випадку при цьому для знаходження коефіцієнтів регресії складається і розв'язується система  $(m+1)$  нормальних рівнянь (відповідно до кількості коефіцієнтів моделі), аналогічних до тих, що розглядалися раніше у методі трендового прогнозування.

## 10.2. Побудова регресійної моделі за допомогою Microsoft Excel

Тривалий і трудомісткий процес визначення коефіцієнтів  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_m$  лінійної моделі значно спрощується при використанні “Пакету аналізу” Microsoft Excel.



Для практичної ілюстрації використаємо умову, наведену на початку попереднього питання даної теми. За основу візьмемо статистичні дані про обсяги продажу, доходи споживачів та витрати фірми на рекламу, зібрані за останні 10 місяців. Вихідні статистичні дані слід представити у вигляді таблиці, набраної в *Excel*. Графи з даними про числові значення факторів  $X$  мають складати щільний діапазон в таблиці. Найкраще зразу згрупувати граfi за факторами так, щоб між ними не було вільних граф або таких, що зайняті іншими даними (рис.10.1).

№	Місяць	Обсяги продажу $Y$ , тис. грн.	Фактори	
			Очікуваний дохід $X_1$ , тис. грн.	Витрати на рекламу $X_2$ , тис. грн.
			1	Березень
2	Квітень	126	20,2	12,7
3	Травень	128	20,5	12,8
4	Червень	130	20,7	13
5	Липень	131	20,9	13,2
6	Серпень	133	21,2	13,5
7	Вересень	139	21,5	13,7
8	Жовтень	142	22,1	13,8
9	Листопад	145	22,7	14
10	Грудень	150	23,5	14,4

Рисунок 10.1 – Залежність обсягів продажу фірми від доходів споживачів та витрат на рекламу

Послідовність наступних дій

4. Вибрати меню *Сервіс / Пакет аналізу (або Аналіз даних) / Регресія* (рис. 10.2).

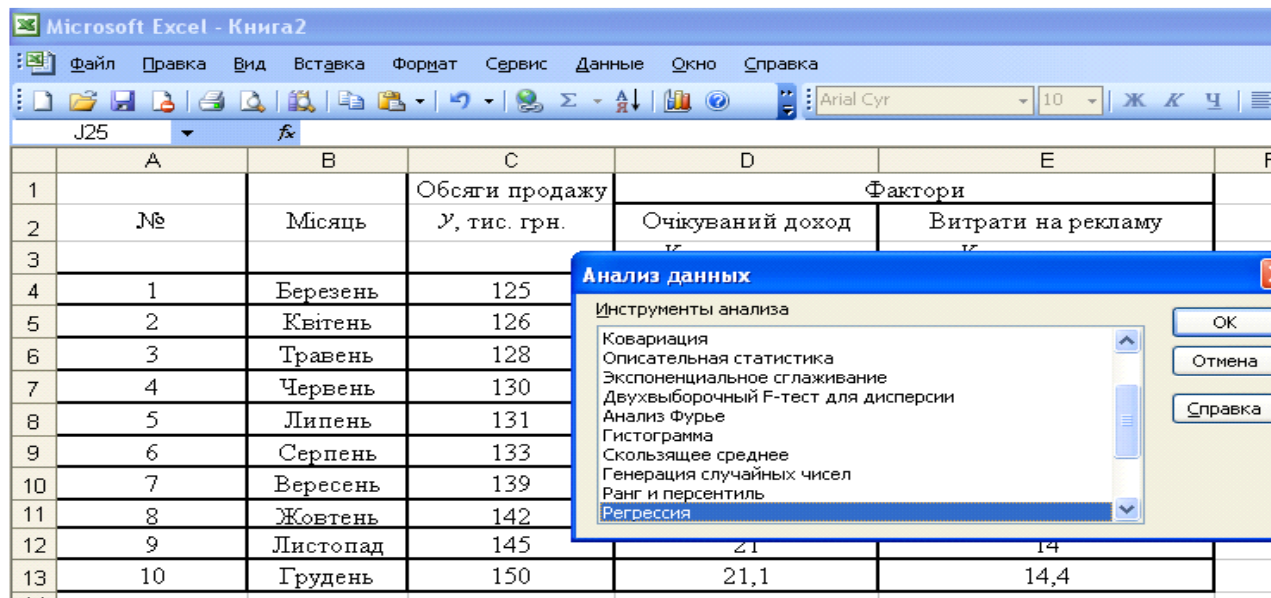


Рисунок 10.2 – Вибір інструменту аналізу “Регресія”

5. Відкривається вікно “Регресія”. У ньому відображено значну кількість полів і можливостей для додаткових опцій, що регулюються відмітками (“флажками”).

6. У поле “Вхідний інтервал Y” мають бути занесені значення, які характеризують відомий розвиток досліджуваного процесу. Для цього треба “мишкою” зупинитися у цьому полі, а потім, утримуючи ліву клавішу “мишки”, обвести інтервал комірок електронної таблиці, де розташовані дані про обсяги продажу графі (комірки C4:C13).

7. Значення пояснюючих факторів X слід занести у поле “Вхідний інтервал X”. Для цього треба, як і попереднього разу, зупинитись у відповідному полі, потім обвести межі інтервалу з комірками даних по факторах X одночасно у двох графах (D4:E13). При цьому обов’язково слід пам’ятати, що висота виділених діапазонів для Y і для X має бути однаковою, ширина їх буде різнитися. Максимально допустима кількість граф з даними про фактори X, яку можна задавати у полі “Вхідний інтервал X” – 16.

8. Задаються параметри виводу. За відсутності іншої команди пакет видасть результати на наступний робочий лист. У більшості випадків такому варіанту слід надати перевагу, оскільки таблиця результатів доволі об’ємна. Інколи можна розташувати результати розрахунків безпосередньо поряд з вихідними даними, якщо дозволяє місце. Для цього треба вибрати опцію “Вихідний інтервал”, одноразово натиснути ліву клавішу “мишки” у полі, що з’явиться, і потім задати верхній лівий кут для виведення таблиці результатів (рис. 10.3).

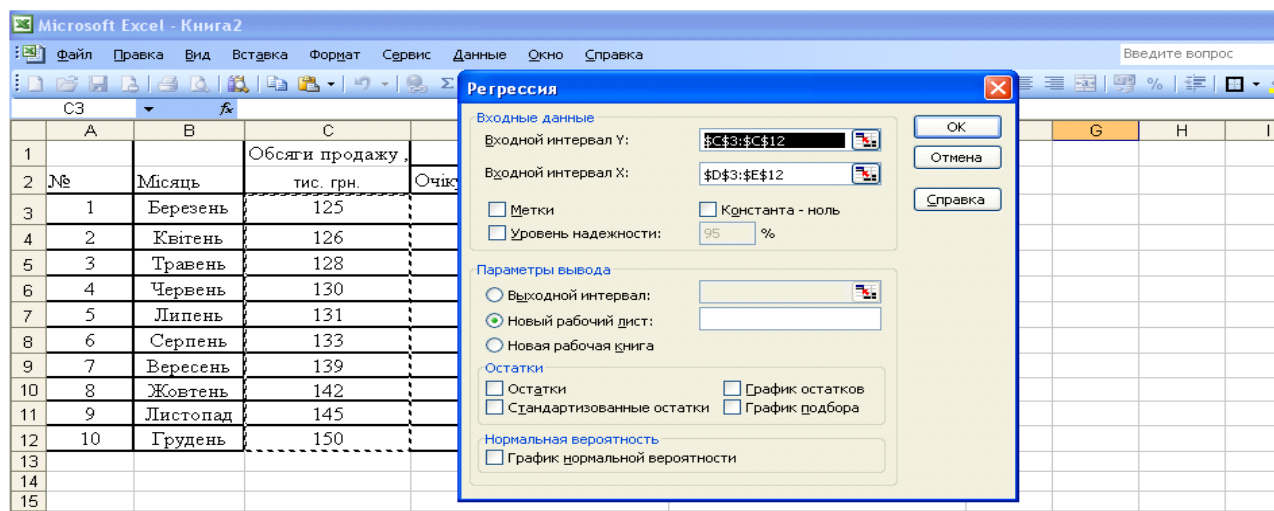


Рисунок 10.3 – Діалогове вікно “Регресія”

9. При заповненні вікна “Регресія” крім вхідних і вихідних параметрів задається “Рівень надійності” (за відсутності інших побажань прогнозиста програма автоматично приймає цей показник рівним 95%). Таким чином задається максимально можлива ймовірність помилкового припущення, наприклад, 5% (100%-95%), тобто 0,05.

10. Інші опції (Залишки, графіки, тощо) є додатковими і можуть використовуватися для більш ґрунтовного аналізу. Але основна необхідна інформація буде виведена в базовій таблиці, так що на початку ознайомлення з програмою додаткові опції можна не використовувати.

11. Після того, як усі необхідні дані було внесено, натискаємо ОК. Видається таблиця “Вывод итогов” з результатами (рис. 10.4).

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Microsoft Excel - Книга2							
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка							
D24							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Вывод Итогов						
2							
3	<i>Регрессионная статистика</i>						
4	Множественный R	0,99254985					
5	R-квадрат	0,985155205					
6	Нормированный R-квадрат	0,980913834					
7	Стандартная ошибка	1,187452526					
8	Наблюдения	10					
9							
10	<i>Дисперсионный анализ</i>						
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
12	Регрессия	2	655,0296955	327,5148477	232,2728676	3,98575E-07	
13	Остаток	7	9,870304515	1,410043502			
14	Итого	9	664,9				
15							
16		<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>верхние</i>
17	Y-пересечение	-33,92570899	9,339627047	-3,632447936	0,008370585	-56,0104176	-11,8
18	Переменная X 1	5,204255446	1,559721776	3,336656272	0,012476699	1,51609951	8,8924
19	Переменная X 2	4,327764994	2,846950489	1,52014059	0,172278481	-2,404203173	11,059

Рисунок 10.4 – Таблица результатов регрессии

Отримана таблиця містить базову інформацію, необхідну для побудови та аналізу регресійної моделі.

Числові значення коефіцієнтів моделі  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  знаходяться у нижній лівій частині таблиці, у другій графі:

- $b_0$  навпроти напису “Y-пересечение” ( $b_0 = -33,92570899$ );
- $b_1$  і  $b_2$  відповідно навпроти “Переменная X 1” ( $b_1 = 5,204255446$ ) і “Переменная X 2” ( $b_2 = 4,327764994$ ).

Їх значення дозволяють записати рівняння найкращої з точки зору використання методу найменших квадратів моделі (за умови, що усі істотні фактори враховані і реальна залежність є лінійною):

$$Y_t = -33,92570899 + 5,204255446 \cdot X_{1t} + 4,327764994 \cdot X_{2t}. \quad (10.4)$$

При аналізі отриманої моделі важливо, в яких одиницях були виражені дані про фактори і досліджуваний процес. У нашому прикладі обсяг продажу, отримуваний споживачами доходи і витрати фірми на рекламу вимірювалися у тисячах гривень. Тоді результати треба інтерпретувати таким чином:

- при незмінності інших факторів збільшення середнього доходу споживачів на 1 тисячу гривень призведе, в середньому, до зростання обсягів продажу на  $b_1 = 5,2$  тис. гривень;

- при незмінності інших факторів збільшення витрат на рекламу на 1 тис. грн. призведе, в середньому, до зростання обсягів продажу на  $b_2 = 4,32$  тис. грн.

Звичайно, такі твердження викликають сумніви, адже навряд чи споживачі зможуть збільшити свої витрати в'ятеро порівняно зі зростанням доходів. Просто для розглянутого прикладу взято довільні цифри, не підтвержені практикою.

У прогнозуванні часто зустрічаються моделі, до яких включено фактори, що вимірюються різними величинами. Наприклад, якщо ввести у розглянуту модель

(10.1) третій фактор: кількість квартир, які будуть заселені у плановому періоді в мікрорайоні, що будується поруч з магазином. Тоді значення додаткового коефіцієнта  $b_3$  слід було б інтерпретувати так:

- при незмінності інших факторів заселення кожної нової квартири збільшить обсяг продажу в середньому на  $b_3$  тис. гривень.

Як зазначено вище, у лінійних рівняннях коефіцієнти регресії відображають співвідношення між кожним фактором і досліджуваним показником у абсолютних величинах, тобто показують, на скільки одиниць зміниться досліджуваний показник (функція) із зміною певного фактора на одну одиницю при фіксованому (середньому) значенні решти факторів. Оскільки функція і фактори часто оцінюються у різних одиницях виміру, для усунення різномірності і оцінки співвідношення між кожним фактором та досліджуваним показником за допомогою відносних величин визначаються коефіцієнти еластичності.

Коефіцієнт еластичності показує на скільки процентів зміниться функція зі зміною певного фактора на 1% при фіксованому (середньому) значенні інших факторів.

Для лінійних багатофакторних моделей коефіцієнт еластичності кожного фактора розраховується за формулою

$$E_i = b_i \cdot \frac{\bar{X}_{it}}{\bar{Y}_t}. \quad (10.5)$$

Щоб за даними прикладу, що розглядається у даній темі, в *Excel* визначити коефіцієнти еластичності, які дадуть відносну характеристику зміни результативної ознаки за рахунок кожної факторної окремо, спочатку застосуванням статистичної функції СРЗНАЧ (*“Мастер функцій”* / категорія *Статистические*) слід визначити середні значення результативної (комірка C15) і кожної факторної ознак (комірки D15 – для першої ознаки і E15 – для другої) (рис. 10.5, а), а потім, з врахуванням того, що вихідні дані для розрахунку в *Excel* були набрані на листі 1, а результати розрахунку (таблиця *“Вывод итогов”*, рис. 10.4) отримана на окремому листі 2:

- виділити комірку C17 і записати у ній формулу розрахунку коефіцієнта еластичності  $E_1$

$$=Лист2!B18*Лист1!D15/Лист1!C15$$

- виділити комірку E17 і записати у ній формулу розрахунку коефіцієнта еластичності  $E_2$

$$=Лист2!B19*Лист1!E15/Лист1!C15$$

Обчислена величина коефіцієнта еластичності  $E_1$  показує, що зі збільшенням доходів споживачів на 1%, у середньому, обсяги продажу збільшуються на 0,823%, а величина коефіцієнта еластичності  $E_2$  – що зі збільшенням витрат фірми на рекламу на 1%, у середньому, обсяги продажу збільшується на 0,429 %.

№	Місяць	Обсяги продажу У, тис. грн.	Фактори	
			Очікуваний дохід	Витрати на рекламу
			Х <sub>1</sub> , тис. грн.	Х <sub>2</sub> , тис. грн.
1	Березень	125	20	12,5
2	Квітень	126	20,2	12,7
3	Травень	128	20,5	12,8
4	Червень	130	20,7	13
5	Липень	131	20,9	13,2
6	Серпень	133	21,2	13,5
7	Вересень	139	21,5	13,7
8	Жовтень	142	22,1	13,8
9	Листопад	145	22,7	14
10	Грудень	150	23,5	14,4
		134,9	21,33	13,36

а

№	Місяць	Обсяги продажу У, тис. грн.	Фактори	
			Очікуваний дохід	Витрати на рекламу
			Х <sub>1</sub> , тис. грн.	Х <sub>2</sub> , тис. грн.
1	Березень	125	20	12,5
2	Квітень	126	20,2	12,7
3	Травень	128	20,5	12,8
4	Червень	130	20,7	13
5	Липень	131	20,9	13,2
6	Серпень	133	21,2	13,5
7	Вересень	139	21,5	13,7
8	Жовтень	142	22,1	13,8
9	Листопад	145	22,7	14
10	Грудень	150	23,5	14,4
		134,9	21,33	13,36
				0,822881903
				0,428605933

б

Рисунок 10.5 – Розрахунок коефіцієнтів еластичності в *Microsoft Excel*

### 10.3. Перевірка моделі на адекватність та статистичну значущість

Рівняння 10.4 математично відображає готову модель, яку теоретично можна використати для прогнозування. Проте практичне її застосування неможливе без:

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

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

Показниками щільності зв'язку є: для лінійної моделі – коефіцієнт парної лінійної кореляції; для нелінійних моделей – кореляційне відношення. Коефіцієнт кореляції, піднесений у квадрат, називається коефіцієнтом детермінації. Ці показники розраховуються за аналогічними формулами, що й при трендовому прогнозуванні. Числові значення їх меж, які використовуються при аналізі, наведені там же.

Для прикладу, який розглядається від початку даної теми, числові значення коефіцієнтів парної лінійної кореляції і детермінації знаходяться у верхній лівій частині таблиці “Вывод итогов” (рис. 10.4), напроти написів, відповідно, “Множественный R” і “R-квадрат” (0,9925 і 0,9851).

Порівнюючи значення коефіцієнта кореляції і детермінації для аналізу моделі, треба зазначити, що більшої ваги традиційно надають коефіцієнту детермінації. Це пояснюється тим, що не дивлячись на тісний математичний зв'язок, економічний зміст цих коефіцієнтів зовсім різний. Коефіцієнт детермінації (R квадрат) показує, яку частину варіації змінної У пояснює обрана модель. Наприклад, якщо отримано значення  $R^2 \approx 0,98$ , то його трактують таким чином: “на 98% зміни факторів  $X_1$  і  $X_2$  пояснюють зміни У”.

Для оцінки статистичної адекватності економіко-статистичних моделей можуть застосовуватися також інші показники, які використовуються для оцінки рівняння часового тренду: середнє абсолютне і відносне відхилення між

фактичними і розрахунковими значеннями функції; середнє квадратичне відхилення; середня помилка апроксимації.

Економіко-статистична модель повинна пройти ретельну перевірку на статистичну надійність. Ступінь надійності параметрів і статистичних характеристик моделі є важливою умовою можливості використання її у прогнозуванні.

Необхідність статистичної оцінки ґрунтується на тому, що при побудові моделі використовується певна вибірка сукупність, у той час як висновки за результатами аналізу необхідно поширити за межі цієї вибірки. Відомо, що зі зміною обсягу вибіркової сукупності значення параметрів і статистичних характеристик моделей, як правило, коливаються. Тому необхідно з певною ймовірністю бути впевненим, що величина цих показників буде знаходитися в заданих інтервалах довіри.

Оцінка статистичної надійності моделі в цілому проводиться за так званим дисперсійним відношенням  $F$  або, як його частіше називають,  $F$ -критерієм (за першою літерою прізвища англійського математика і статистика Р.А. Фішера, який розробив дисперсійний аналіз).

$F$ -критерій обчислюється за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m}, \quad (10.6)$$

де  $R^2$  – коефіцієнт детермінації;

$n$  – кількість статистичних спостережень;

$m$  – кількість факторів у рівнянні регресії.

У таблиці “Вывод итогов” розрахунків (рис. 10.4), отриманих для розглянутого вище прикладу за допомогою функції “Регресія”,  $F_{\phi}$  знаходиться під позначенням “F” (232,27).

Розраховане за даними аналітичного групування значення  $F_{\phi}$  порівнюють з критичними значеннями  $F$ -критерію ( $F_{кр}$ ). Про статистичну надійність моделі можна стверджувати в тому випадку, якщо виконується умова

$$F_{\phi} \geq F_{кр}, \quad (10.7)$$

де  $F_{\phi}$  і  $F_{кр}$  – відповідно фактичне і критичне значення  $F$ -критерію. Таким чином, якщо фактичне значення  $F$ -критерію перевищує критичне, то зв’язок між досліджуваними ознаками визнається істотним.

Критичні значення  $F$ -критерію зазвичай визначаються для двох ймовірностей 0,95 і 0,99, які називаються *рівнями істотності* або *рівні істотності 0,05 і 0,01* чи *5-відсотковий і 1-відсотковий рівні істотності* та позначають грецькою літерою  $\alpha$ .

Критичні значення  $F$ -критерію залежать не лише від рівня істотності, але й від числа ступенів вільності для факторної ( $k_1$ ) і залишкової ( $k_2$ ) девіат, тому вони позначаються як  $F_{(1-\alpha)}(k_1, k_2)$ , тобто  $F_{0,95}(k_1, k_2)$  або  $F_{0,99}(k_1, k_2)$ . При цьому

$$k_1 = m;$$

$$k_2 = n - m - 1.$$

Числові значення ступенів можна знайти у лівій частині таблиці “Вывод итогов” у розділі “Дисперсионный анализ” в колонці  $df$ : у стрічці “Регресія” –  $k_1$ , у стрічці “Остаток” –  $k_2$  (рис. 10.4).

Для вибору  $F_m$  можна скористатися відповідними довідковими таблицями (Додаток А). Разом з тим слід зазначити, що *Excel* дає можливість визначати критичні значення  $F$ -критерію для певного рівня істотності  $\alpha$  і числа ступенів вільності  $k_1$  та  $k_2$  за допомогою спеціально вбудованої статистичної функції *FRASПОБР*. Для наведеного вище прикладу автоматично було прийнято рівень надійності 95%, тобто  $\alpha=0,05$ . Для застосування функції *FRASПОБР* слід активізувати комірку поруч з таблицею “Вывод итогов” для регресії. Далі відкрити діалогове вікно “Мастер функций” і у списку *Категория* вибрати *Статистические*, а в списку *Функция* – функцію *FRASПОБР* та виконати 1КЛ на командній кнопці *OK*. Після цього з’явиться діалогове вікно аналогічної назви, яке показано на рис. 10.6.

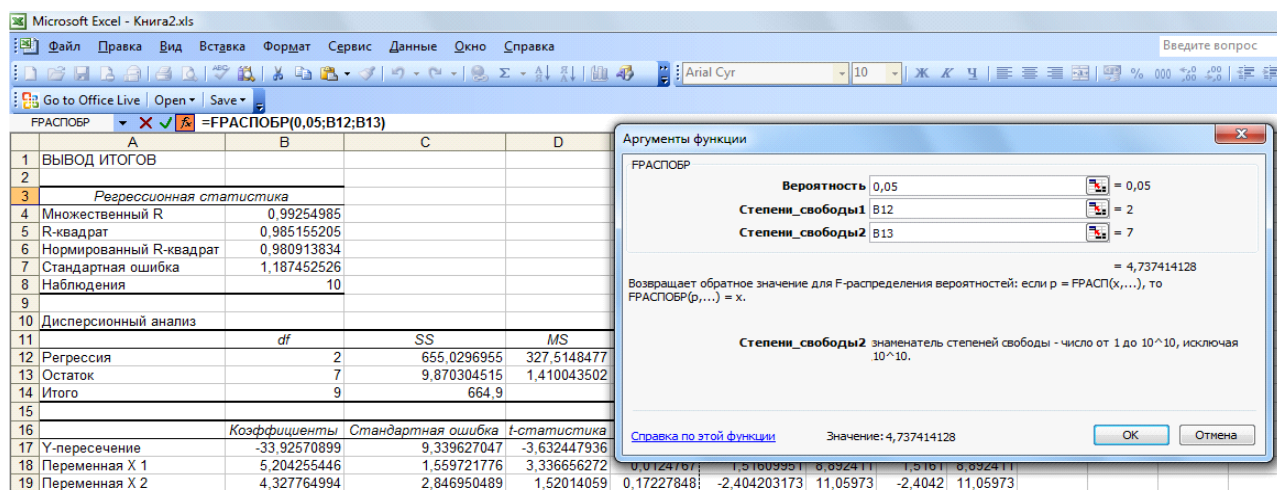


Рисунок 10.6 – Діалогове вікно *Аргументы функции FRASПОБР*

У полі введення *Вероятность* діалогового вікна *Аргументы функции FRASПОБР* вводиться  $\alpha=0,05$ , а в поля введення *Степени\_свободы1* і *Степени\_свободы2* – відповідні числа ступенів вільності –  $k_1=2$  і  $k_2=7$ . Ступені вільності також можна задати автоматично з розрахункової таблиці, проставивши у полях введення адреси відповідних комірок (для розглянутого прикладу – B12 і B13). Після заповнення трьох зазначених полів критичне значення  $F$ -критерію 4,737414128 відобразиться зразу ж під ними та в нижній частині вікна проти напису “Значение”. Після виконання 1КЛ на командній кнопці *OK* воно ж буде одержано в активізованій комірці таблиці. Критичні значення  $F$ -критерію можна також визначити шляхом введення в активізовану комірку відповідної формули  $=FRASПОБР(0,05;2;7)$  або  $=FRASПОБР(0,05;B12;B13)$  і натисненням клавіші ENTER.

З результатів розрахунку видно, що фактичне значення  $F$ -критерію  $F_\phi=232,2728676$  для рівня істотності  $\alpha=0,05$  більше критичного його значення  $F_{кр}=4,737414128$  і, отже, зв’язок між обсягами продажу та доходами споживачів і

витратами фірми на рекламу є доведеним, він існує між цими ознаками. Такий зв'язок з імовірністю 0,95, тобто в 95 випадках зі 100 визнається достовірним, а статистична надійність моделі в цілому – доведена.

Отриманий висновок підтверджує також порогова величина “Значимість F” (у таблиці результатів – рис. 10.4 – праворуч від “F”). Цей показник враховує заданий “Рівень надійності” 95%, тобто максимально можливу ймовірність помилкового припущення 5% ( $\alpha=0,05$ ). У випадку, коли величина комірки “Значимість F” буде нижчою за 0,05, можна стверджувати, що модель в цілому є прийнятною (у розглянутому прикладі отримано  $3,98 \cdot 10^{-7} < 0,05$ ). Якщо ж ця величина перевищить 0,05 – рекомендовано змінити модель.

Аналіз кожного окремого коефіцієнта моделі на статистичну надійність проводиться за допомогою  $t$ -критерію (критерію Стьюдента) за умовою

$$t_{\phi} \geq t_{кр}, \quad (10.8)$$

де  $t_{\phi}$  і  $t_{кр}$  – відповідно, фактичне і критичне значення  $t$ -критерію.

Логіка цієї перевірки дуже подібна до аналізу статистичної надійності моделі в цілому, але відбувається вона для кожного окремого коефіцієнта рівняння, який відповідає фактору  $X_{it}$  (тобто для віх  $b_i$  крім  $b_0$ ).

Фактичні значення критерію Стьюдента розраховується для кожного коефіцієнта за формулою

$$t_{\phi} = \frac{b_i}{\sigma_{b_i}}, \quad (10.9)$$

де  $\sigma_{b_i}$  - стандартні значення похибки для коефіцієнта регресії  $b_i$ .

У таблиці результатів розрахунків (рис. 10.4) значення  $t_{\phi}$  знаходяться під написом «t-статистика» у стрічці кожного коефіцієнта (відповідно,  $t_{1\phi}=3,3366$  для  $b_1$  і  $t_{2\phi}=1,52$  для  $b_2$ ).

Критичні значення  $t$ -критерію наведені в спеціально складених таблицях для ступенів вільності  $k$  та різних рівнів істотності (Додаток Б), де

$$k = n - 1.$$

Засоби *Excel* дають змогу розраховувати значення  $t$ -критерію Стьюдента для певного рівня істотності  $\alpha$  і числа ступенів вільності  $k$ . Цей розрахунок здійснюється за допомогою вбудованої функції *СТЬЮДРАСПОБР*.

У розглянутому вище прикладі критичне значення  $t$ -критерію слід визначати для ступенів вільності  $k = 9$  та рівня істотності  $\alpha=0,05$ . З цією метою слід активізувати комірку поруч з таблицею результатів розрахунків “Вывод итогов”. Подальші дії: “Мастер функций” / категорія *Статистические*, в списку *Функция* — функція *СТЬЮДРАСПОБР* / 1КЛ на командній кнопці ОК. Після цього з’явиться діалогове вікно аналогічної назви (рис. 10.7). У полі введення *Вероятность* цього вікна проставляється  $\alpha=0,05$ , а в полі введення *Степени\_свободы* — число ступенів вільності 9 або адреса комірки В13 таблиці “Вывод итогов”. Після їх заповнення критичне значення  $t_{кр}=2,262157158$  з’явиться у діалоговому вікні “Аргументы функции *СТЬЮДРАСПОБР*”, а після виконання 1КЛ на командній кнопці ОК – в активізованій комірці електронної таблиці.



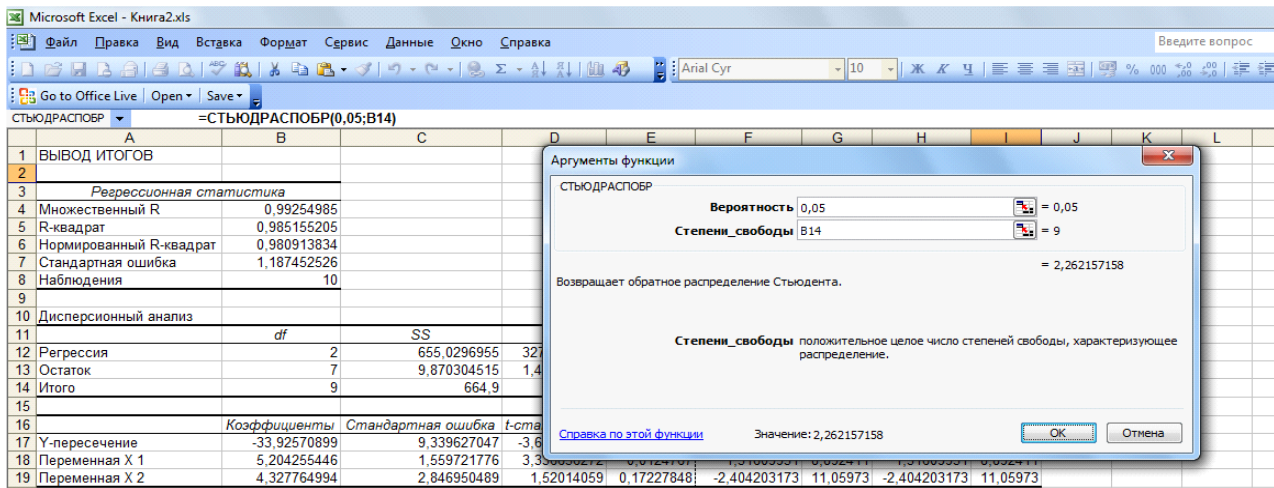


Рисунок 10.7 – Діалогове вікно *Аргументы функции СТЬЮДРАСПОБР*

Враховуючи, що  $t_{1\phi} = 3,3366$ ;  $t_{2\phi} = 1,52$ ;  $t_{кр} = 2,262157158$ , отримуємо

$$t_{1\phi} > t_{кр}, \text{ а } t_{2\phi} < t_{кр},$$

тобто перший фактор (доходи споживачів) є дійсно важливим і впливовим, а другий (витрати фірми на рекламу) – не є значущим для обраної моделі.

Такі ж висновки випливають з аналізу інших показників – рівнів значущості кожного коефіцієнта рівняння регресії “Р-значение” (у табл. результатів на рис. 10.4 – праворуч від “t-статистики” напроти кожного коефіцієнта).

Якщо при рівні надійності 95% (ймовірність похибки 5%) значення комірки “Р-значение” у стрічці коефіцієнта перевищує 0,05 – він є статистично незначущим (з ймовірністю, що це правда, у 95%), а якщо не перевищує – коефіцієнт є статистично значущим (у розглянутому прикладі для коефіцієнта  $b_1$  отримано “Р-значение”  $0,012 < 0,05$ , а для коефіцієнта  $b_2$  –  $0,172 > 0,05$ ).

Р-значення коефіцієнта  $b_0$  розраховується, але воно нічого до аналізу не додає.

При цьому слід внести одне застереження: мале абсолютне значення самого коефіцієнта (наприклад,  $b_1 = 0,053$ ) ще не означає, що він виявиться статистично незначущим, і навпаки: досить велике абсолютне значення коефіцієнта (наприклад,  $b_1 = 12,8$ ) не значить, що він точно виявиться статистично значущим. Тому перевірка на t-статистику та Р-значення є обов’язковою.

У випадку, якщо певний коефіцієнт виявився статистично незначущим (у розглянутому прикладі  $b_2$ ), можна зробити висновок, що його присутність у моделі не робить її результати кращими, отже його можна виключити. Але потрібно проявляти обережність при прийнятті таких рішень, так як:

- можливо, що цей коефіцієнт все ж істотно впливає на  $Y$ , але нелінійно, і потрібно коригувати специфіку моделі;

- можливо, що зниження t-статистики відбулося через специфіку даних чи взаємозв’язки між пояснюючими змінними (дуже тісні зв’язки між пояснюючими змінними небажані), а фактор є насправді важливим та істотним;

- можливі ситуації, коли не дивлячись на низьку t-статистику, коефіцієнт все ж таки слід залишити у моделі з економічних або логічних міркувань.

Перевірка моделі на адекватність, аналіз її статистичної надійності та аналіз кожного окремого коефіцієнта на статистичну надійність є критичними моментами: якщо модель не задовольняє критеріям, вона має бути вдосконалена (змінена форма залежності, додані або вилучені фактори, враховані додаткові дані, тощо). Побудова прогнозу відбувається за остаточним варіантом моделі.

#### **10.4. Складання прогнозів за регресійною моделлю**

У попередньому питанні в результаті проведеного на основі статистичних даних аналізу було отримано рівняння лінійної регресійної моделі для прогнозування обсягів роздрібних продаж будівельних матеріалів (рівняння 10.4).

Базовим припущенням для побудови прогнозу за цією моделлю є збереження у прогнозному періоді тенденції, виявленої у минулому. Числові значення  $Y_t$  в такому випадку розраховуються підстановкою у рівняння регресії очікуваних в прогнозному періоді значень  $X_{1t}$  та  $X_{2t}$ .

Саме тут виникає питання – звідки взяти очікувані на прогнозний період значення факторів? Спосіб відповіді на це питання формує різні типи прогнозів, які можна отримати за регресійною моделлю.

Залежно від того, точно чи приблизно відомі прогнозні значення факторів, розрізняють відповідно *безумовні* і *умовні* прогнози.

Термін “*безумовний прогноз*” означає, що прогнозні значення факторів відомі досить точно і цим цифрам можна довіряти без додаткової перевірки. Такі дані можна отримати з достовірних зовнішніх джерел, таких як: інформація Держкомстату, опублікована в пресі (наприклад, очікуваний рівень ставки національного банку в наступному році); професійні огляди ринків, що містять прогнози необхідних факторів (наприклад, очікувані обсяги будівництва); експертні оцінки, яким можна довіряти (наприклад, оцінки доходу жителів району, в якому розташований магазин), тощо.

Термін “*умовний прогноз*” означає, що прогнозні значення факторів відомі неточно або невідомі зовсім і тому мають бути попередньо спрогнозовані. Це може бути виконано одним зі способів:

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

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

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

Як приклад, для визначення  $X_{1t}$  та  $X_{2t}$  у моделі прогнозування обсягів роздрібного продажу використаємо другий варіант (побудова регресій залежно від часу). Так як прогноз продажу буде складатися на січень, то і прогнозні значення 1) очікуваного доходу споживачів і 2) витрат фірми на рекламу слід знайти для цього місяця.

Поставлена задача зводиться до розгляду трьох моделей. Перша модель – це цільова модель (10.4), де прогнозується обсяг продажу (це для неї досліджуваний процес) за допомогою очікуваного доходу і витрат на рекламу (це фактори). Дві інші моделі – проміжні моделі: модель 2, мета якої – прогнозування очікуваного доходу  $X_{1t}$  (досліджуваний процес), і модель 3, мета якої – прогнозування очікуваних витрат на рекламу  $X_{2t}$  (досліджуваний процес) залежно від одного фактору – часу.

Для розгляду моделі 2 використаємо той же підхід, що і для першої – “Пакет аналізу” Microsoft Excel: викликаємо у меню *Сервіс / Аналіз Даних*, вибираємо інструмент аналізу *Регресія (ОК)*, де до поля “Вхідний інтервал Y” заносимо обведений діапазон комірок “Очікувані доходи”, а до поля “Вхідний інтервал X” вносимо обведений діапазон ряду “№” (порядковий номер періоду спостереження або  $t$ ) (ОК).

Отримаємо таблицю результатів (рис. 10.8):

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1	10,80027273	10,80027273	116,6450663	4,76413E-06
Остаток	8	0,740727273	0,092590909		
Итого	9	11,541			

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	верхние 95%
Y-пересечение	19,34	0,207867965	93,03982936	1,98803E-13	18,86065561	19,81934
Переменная X 1	0,361818182	0,033500956	10,80023455	4,76413E-06	0,284564839	0,439072

Рисунок 10.8 – Таблица результатів розрахунку моделі 2

Згідно коефіцієнтів, наведених у таблиці, модель 2 матиме вигляд:

$$X_{1t} = 19,34 + 0,3618 \cdot t . \quad (10.10)$$

На її основі для прогнозного періоду, тобто січня місяця (період 11) отримаємо:

$$X_{1,11} = 19,34 + 0,3618 \cdot 11 = 23,32 \text{ тис. грн.}$$

Аналогічно розраховується модель 3, лише до вікна “Вхідний інтервал Y” вноситься обведений діапазон ряду “Витрати на рекламу”, а до вікна “Вхідний інтервал X” – той самий обведений діапазон ряду “№”.

Таблиця результатів (рис. 10.9):

	A	B	C	D	E	F	G
1	ВЫВОД ИТОГОВ						
2							
3	<i>Регрессионная статистика</i>						
4	Множественный R	0,993787125					
5	R-квадрат	0,987612849					
6	Нормированный R-квадрат	0,986064455					
7	Стандартная ошибка	0,073236851					
8	Наблюдения	10					
9							
10	<i>Дисперсионный анализ</i>						
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
12	Регрессия	1	3,421090909	3,421090909	637,8305085	6,47004E-09	
13	Остаток	8	0,042909091	0,005363636			
14	Итого	9	3,464				
15							
16		<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>верхние 95%</i>
17	Y-пересечение	12,24	0,050030294	244,6517711	8,72212E-17	12,12462994	12,35537
18	Переменная X 1	0,203636364	0,008063112	25,25530654	6,47004E-09	0,185042794	0,22223

Рисунок 10.9 – Таблица результатів розрахунку моделі 3

Згідно коефіцієнтів таблиці модель 3 матиме вигляд:

$$X_{2t} = 12,24 + 0,203 \cdot t. \quad (10.11)$$

Для того самого прогнозного періоду 11:

$$X_{2,11} = 12,24 + 0,203 \cdot 11 = 14,473 \text{ тис. грн.}$$

Отримані результати дозволяють за допомогою цільової моделі (10.4) знайти очікуваний обсяг продажу фірми у січні:

$$Y_{11} = -33,9257 + 5,2042 \cdot 23,32 + 4,3277 \cdot 14,473 = 150,071 \text{ тис. грн.}$$

Моделі 2 і 3 можна також отримати за допомогою методу екстраполяції трендів (*Microsoft Excel*, “Мастер диаграмм”, “График” і т.д. – див. тему 7 “Методи екстраполяції трендів”). Цей спосіб дозволяє отримати рівняння 10.10. і 10.11 безпосередньо на графіках, проте у “Регресії” є одна істотна перевага: крім коефіцієнта “R-квадрат” вона видає також інші, необхідні для перевірки значущості моделі, показники (F-статистику, t-статистику і т.п.).

За умови відсутності достовірних даних про розвиток впливових факторів досить поширеним є так званий сценарний підхід, який широко використовується для аналізу ймовірних шляхів розвитку подій в умовах невизначеності. При цьому достовірно невідомо, якими саме будуть прогнозні значення факторів, але розглядаються їх різні можливі значення. Тому часто цю схему називають “Що – якщо”, наприклад:

- що станеться (яким буде обсяг продажу) у наступному періоді, якщо сімейні доходи споживачів, що проживають у районі, де міститься магазин будівельних матеріалів, складуть в середньому 10 тис. грн.? 12 тис. грн.?

- що станеться, якщо на рекламу фірма буде витратити 15 тис. грн. щомісяця? 20 тис. грн.?

- що станеться, якщо кількість новозбудованих квартир складе 100? 200?

Технічно такі прогнози розраховуються шляхом підстановки у рівняння моделі очікуваних значень факторів. Сценарії розробляються, як правило, у комплексі альтернатив, де для кожної альтернативи оцінюється її ймовірність.

Метод альтернативних сценаріїв прогнозування може бути використаний для довгострокового планування. Наприклад, компанія може виявити, що ймовірність досягнення поставленої нею мети – 15%-го зростання річного прибутку від продажу – можливе тільки за найбільш оптимістичного макропрогнозу, ймовірність якого не вище 10%. Виходячи з останнього, компанія може перенести свої плани до сектора економіки, що розвивається більш високими темпами, чи навпаки, скоригувати свої сумнівні довгострокові плани до більш реалістичних.

## ТЕМА 11. ПРОГНОЗУВАННЯ З ІНТЕРВАЛАМИ ДОВІРИ

### 11.1. Інтервали довіри

### 11.2. Побудова прогнозу з інтервалами довіри

#### 11.1. Інтервали довіри

Метод регресійного аналізу (як і розглянутий раніше метод екстраполяції трендів, який можна вважати різновидністю регресійного аналізу – коли прийняти, що досліджуваний процес розвивається залежно лише від одного фактора – часу) за умови наявності достовірних даних дозволяє визначити єдине конкретне значення прогнозованого показника для кожного конкретного періоду – так званий точковий прогноз (точку оцінки для  $y$ ). Точкові прогнози будуються за допомогою вибраної функції шляхом підстановки у рівняння значень впливових факторів. При цьому передбачається, що прогнозні значення будуть лежати на лінії регресії. Проте абсолютний збіг такого прогнозу з фактичними даними малоімовірний, тобто реальне значення, як правило, буде дещо відхилятися від розрахункового, адже тренду властива невизначеність, передусім через похибки параметрів. Таким чином, на практиці всі реальні дані будуть розсіяні довкола лінії регресії. При цьому ймовірність відхилення від точкового прогнозу зменшується з віддаленням від прогнозної величини в ту чи іншу сторону.

Тому в прогнозуванні часто використовуються інтервальні значення прогнозу у вигляді “вилки” – максимального і мінімального значень, які дозволяють з певною ймовірністю, наприклад, 0,95 або 0,99, вважати, що запропонований інтервал покриє істинне значення прогнозу. Оскільки ця ймовірність задається для інтервалу наперед, вона називається *рівнем довіри* (*рівнем істотності*). Інтервал, отриманий за допомогою процедури, що враховує вимоги ймовірності, називається *інтервалом довіри* (*довірчим інтервалом*).

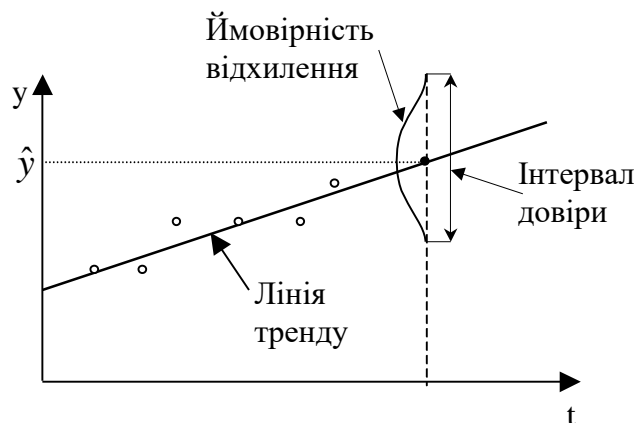


Рисунок 11.1 – Схема прогнозу з інтервалом довіри

Загальний порядок побудови прогнозу з інтервалом довіри наступний:

- розраховують точкову оцінку;
- задають рівень довіри;
- розраховують межі довірчого інтервалу.

Загальна схема прогнозу з інтервалом довіри може бути записана так:

*Точкова оцінка  $\pm$  коефіцієнт  $\cdot$  стандартна похибка прогнозу.*

“Коефіцієнт” – це значення стандартної функції нормального розподілу або  $t$ -розподілу Стюдента, який залежить від рівня істотності (рівня довіри), кількості спостережень у виборці та кількості оцінюваних коефіцієнтів у рівнянні регресії.

Величину “коефіцієнт  $\cdot$  стандартна похибка прогнозу” називають *припустимою похибкою*.

Правило розрахунку меж інтервалу довіри є простим:

*Точкова оцінка – припустима похибка = нижня межа інтервалу довіри;*

*Точкова оцінка + припустима похибка = верхня межа інтервалу довіри.*

Таким чином, якщо розрахована регресійна модель є значущою і придатною для прогнозу, інтервал для прогнозних значень  $\hat{y}$  (довірчий інтервал) задається формулою

$$\hat{y} \pm t_{\alpha} \cdot s_f, \quad (11.1)$$

де  $\hat{y}$  – значення точкового прогнозу, розраховане за регресійним рівнянням;

$t_{\alpha}$  – значення розподілу Стюдента ( $t$ -критерію) при  $(n-l)$  ступенях свободи;

$s_f$  – стандартна похибка прогнозу.

У даному випадку значення  $t$ -критерію Стюдента розраховується для ступенів свободи, які визначаються кількістю статистичних спостережень  $n$  у вибірці і загальною кількістю  $l$  параметрів (коефіцієнтів, враховуючи  $b_0$ ) рівняння регресії.

Зазначений підхід дозволяє певним чином зменшити два джерела невизначеності, які асоціюються з точковим прогнозом:

- невизначеність через дисперсію (розсіювання) даних відносно лінії регресії;
- невизначеність через дисперсію (розсіювання) лінії регресії, побудованої по окремій групі даних (виборці), відносно регресії, яка була б побудована по іншій групі даних спостереження.

Суть другого джерела невизначеності можна пояснити таким прикладом: якщо для побудови регресійного прогнозу спочатку взяти 10 значень ряду спостережень – з січня по жовтень, а потім 12 значень – з січня по грудень, то скоріш за все буде отримано два різних рівняння регресії, коефіцієнти яких будуть відрізнятися. Ця різниця в коефіцієнтах буде досить малою, якщо знайдена модель насправді добре описує тенденцію досліджуваного процесу, але вона все ж таки буде.

Інтервальні прогнози можуть бути побудовані таким чином, щоб врахувати ці два джерела невизначеності. Стандартна похибка прогнозу  $s_f$ , вимірює варіабельність (міру розсіювання) прогнозованого  $\hat{y}$  відносно реального  $y$  для даних впливових факторів  $X$ . Для випадку з одним пояснюючим фактором вона розраховується за формулою

$$s_f = \sqrt{s_{yx}^2 + s_{yx}^2 \left( \frac{1}{n} + \frac{(\hat{X} - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \right)}, \quad (11.2)$$

де  $s_{yx}$  – стандартна похибка регресії (стандартна похибка оцінювання);

$X_i$  – значення статистичних спостережень за фактором  $X$ ;

$\hat{X}$  – прогнозне значення  $X$  на плановий період;

$n$  – кількість спостережень у вибірці.

Перша частина виразу під коренем ( $s_{yx}^2$ ) вимірює дисперсію даних відносно лінії регресії (перше джерело невизначеності), а друга частина вимірює дисперсію лінії регресії (друге джерело невизначеності).

Стандартну похибку регресії можна розрахувати за формулою

$$s_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{f}}, \quad (11.3)$$

де  $y$  і  $\hat{y}$  – відповідно, фактичне і розрахункове значення рівнів динамічного ряду;  
 $f$  – число ступенів свободи.

Формулу 11.2 можна переписати у вигляді

$$s_f = s_{yx} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(\hat{X} - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2}}. \quad (11.4)$$

З останнього рівняння видно, що стандартна похибка прогнозу залежить від прогнозного значення  $\hat{X}$ . Відзначимо, що ця похибка є найменшою, коли  $\hat{X} = \bar{X}$ , оскільки третя частина підкореневого виразу у рівнянні дорівнюватиме 0. При інших рівних умовах чим далі  $\hat{X}$  від його середнього значення  $\bar{X}$ , тим більша стандартна похибка прогнозу.

## 11.2. Побудова прогнозу з інтервалами довіри

Розглянемо процес побудови прогнозу з інтервалами довіри на прикладі. Прийmemo, що як і в попередній темі, для певної фірми, використовуючи статистичні дані за 10 місяців (табл.11.1), необхідно отримати прогноз обсягів роздрібного продажу. Для спрощення використаємо лінійну форму залежності та обмежимося впливом лише одного фактору: витратами на рекламу. Таким чином, рівень продажу тут – досліджуваний процес  $Y_t$ , а витрати на рекламу – впливовий фактор  $X_t$ :

$$Y_t = b_0 + b_1 \cdot X_t. \quad (11.5)$$

Регресійна модель розраховується за допомогою *Аналізу даних* / (меню *Сервіс*) / *Регресія*.

Таблицю результатів виведемо на тому ж листі, на якому набрані початкові дані (рис. 11.2).



Таблиця 11.1 – Залежність обсягів продажу від витрат фірми на рекламу

№	Місяць	Обсяги продажу $y$ , тис. грн.	Витрати на рекламу $X$ , тис. грн.
1	Березень	125	12,5
2	Квітень	126	12,7
3	Травень	128	12,8
4	Червень	130	13,0
5	Липень	131	13,2
6	Серпень	133	13,5
7	Вересень	139	13,7
8	Жовтень	142	13,8
9	Листопад	145	14,0
10	Грудень	150	14,4

Вывод итогов								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множественный R	0,980584027							
R-квадрат	0,961545034							
Нормированный R-квадрат	0,956738164							
Стандартная ошибка	1,787760705							
Наблюдения	10							
<i>Дисперсионный анализ</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
Регрессия	1	639,3312933	639,3312933	200,0355515	6,07379E-07			
Остаток	8	25,5687067	3,196088337					
Итого	9	664,9						
	<i>Коэффициент</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-46,60161663	12,84540848	-3,627881254	0,006705579	-76,22318168	-16,98005158	-76,223182	-16,98005
Переменная X 1	13,58545035	0,960551038	14,1433925	6,07379E-07	11,37041568	15,80048501	11,3704157	15,800485

Рисунок 11.2 – Таблица результатів розрахунку моделі

Таким чином, модель для прогнозу має вигляд:

$$\hat{Y}_t = 13,5854 \cdot X_t - 46,6016, \quad (11.6)$$

де  $\hat{Y}_t$  – обсяги продажу;

$X_t$  – витрати на рекламу.

Відзначимо попутно, що незважаючи на довільний підбір вихідних даних для розрахунку, отримано задовільні значення t- і F- статистик моделі.

Припустимо, що у наступному місяці фірма планує витратити на рекламу 14,6 тис. грн. Це дає змогу спрогнозувати обсяги продажу за цей же період:

$$\hat{y} = 13,5854 \cdot 14,6 - 46,6016 = 151,746.$$

Оскільки значення “ $Y$ ” у таблиці з вихідними даними вимірювалося в тис. грн., то точковий прогноз продажу складає 151 746 грн.

Для отримання інтервального прогнозу необхідно:

а) задати рівень довіри – нехай це буде 95%, або  $P=0,95$  (рівень істотності  $\alpha=0,05$  або 5%). Далі слід визначити відповідне значення коефіцієнта  $t_\alpha$  (t-критерію Стьюдента).  $t_\alpha$  розраховується залежно від числа  $f$  – числа ступенів свободи, яке в

даному випадку визначається як різниця між кількістю спостережень  $n=10$  і кількістю параметрів рівняння регресії, що оцінюється: для прямої лінії  $l=2$ .

$$f=n-l=10-2=8.$$

$t_\alpha=2,306$  можна визначити з довідкових таблиць (Додаток В) або за допомогою статистичної функції *СТЬЮДРАСПОБР*.

б) розрахувати середнє значення  $\bar{X}$ :

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^{10} (X_i) / n = 133,6 / 10 = 13,36.$$

в) розрахувати значення  $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$  для ряду спостережень за витратами на рекламу (табл. 11.2);

Таблиця 11.2 – Результати розрахунку  $\bar{X}$  і  $\sum (X - \bar{X})^2$

Місяць	Витрати на рекламу X, тис. грн.	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
Березень	12,5	-0,86	0,7396
Квітень	12,7	-0,66	0,4356
Травень	12,8	-0,56	0,3136
Червень	13,0	-0,36	0,1296
Липень	13,2	-0,16	0,0256
Серпень	13,5	0,14	0,0196
Вересень	13,7	0,34	0,1156
Жовтень	13,8	0,44	0,1936
Листопад	14,0	0,64	0,4096
Грудень	14,4	1,04	1,0816
	$\bar{X} = 13,36$		$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = 3,464$

г) вибрати з таблиці “Вывод итогов” (рис. 11.2) значення стандартної похибки регресії  $s_{yx} \approx 1,788$  (комірка B23 напроти напису “Стандартная ошибка”);

д) розрахувати стандартну похибку прогнозу:

$$s_f = 1,788 \sqrt{1 + \frac{1}{10} + \frac{(14,6 - 13,36)^2}{3,464}} = 2,221;$$

е) розрахувати припустиму похибку:

$$2,306 \cdot 2,221 = 5,122;$$

ж) визначити верхню та нижню межі інтервалу довіри:

$$\hat{y} \pm t \cdot s_f = 151,746 \pm 2,306 \cdot 2,221 = 151,746 \pm 5,122;$$

$$151,746 + 5,122 = 156,868;$$

$$151,746 - 5,122 = 146,624.$$

Таким чином, з ймовірністю 95% можна стверджувати, що обсяги продажу фірми у січні будуть знаходитися в межах від 146 624 грн. до 156 868 грн.

Наявність мінімального і максимального значень прогнозованого показника дозволяє розробити альтернативні варіанти стратегії дій підприємства з врахуванням можливих ситуацій на ринку.

Як підсумок, слід зауважити, що через малу вибірку (10 спостережень – це дуже мало для виявлення тенденції) велике значення коефіцієнта  $t_\alpha$  ( $t$ -розподілу) істотно розширило інтервал довіри. Для його звуження необхідно використовувати значно ширшу статистичну базу. Якщо розмір вибірки є великим ( $n = 30$  спостережень і більше), то для 5% рівня істотності цю величину можна приймати приблизно рівною 2. Тоді рівняння для визначення інтервалу прогнозних значень  $\hat{y}$  можна переписати у вигляді:

$$\hat{y} \pm 2 \cdot s_f. \quad (11.7)$$

Крім того, можна спробувати покращити якість моделі шляхом введення в неї інших істотних факторів, що впливають на обсяги продажу фірми.

Для розрахунку меж довірчого інтервалу в *Microsoft Excel* необхідно (рис. 11.3):

- для прогнозного періоду внести в електронну таблицю планові витрати фірми на рекламу (комірка D13) та розрахувати прогнозне значення показника  $\hat{Y}$  за формулою 11.6 (комірка C13);

№	Місяць	Обсяги продажу Y, тис. грн.	Витрати на рекламу x, тис. грн.	$\Sigma(X - \bar{X})^2$	Стандартна похибка прогнозу, $s_f$	Припустима похибка, $s_f \cdot t_\alpha$	Межі інтервалу довіри		
							верхня	нижня	
1									
2									
3	1	Березень	125	12,5					
4	2	Квітень	126	12,7					
5	3	Травень	128	12,8					
6	4	Червень	130	13					
7	5	Липень	131	13,2					
8	6	Серпень	133	13,5					
9	7	Вересень	139	13,7					
10	8	Жовтень	142	13,8					
11	9	Листопад	145	14					
12	10	Грудень	150	14,4					
13	11 (прогноз)		151,7459584	14,6	3,464	2,221345666	5,122432287	156,868391	146,62353
14			$\bar{X} = 13,36$		$t_{0,05} = 2,306004133$				
17	Вывод итогов								
19	Регрессионная статистика								
20	Множественный R	0,980584027							
21	R-квадрат	0,961545034							
22	Нормированный R-квадрат	0,956738164							
23	Стандартная ошибка	1,787760705							
24	Наблюдения	10							
26	Дисперсионный анализ								
27		df	SS	MS	F	Значимость F			
28	Регрессия	1	639,3312933	639,3312933	200,0355515	6,07379E-07			
29	Остаток	8	25,5687067	3,196088337					
30	Итого	9	664,9						
32		Кoeffициент	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
33	Y-пересечение	-46,60161663	12,84540848	-3,627881254	0,006705579	-76,22318168	-16,98005158	-76,223182	-16,98005
34	Переменная X 1	13,58545035	0,960551038	14,1433925	6,07379E-07	11,37041568	15,80048501	11,3704157	15,800485

Рисунок 11.2 – Розрахунок меж довірчого інтервалу в *Microsoft Excel*

- за допомогою статистичної функції *CP3HACH* розрахувати  $\bar{X}$  (комірка D14);  
 - у комірці E13 за допомогою статистичної функції *КВАДРОТКЛ* розрахувати  $\Sigma(X - \bar{X})^2$  за формулою

$$= \text{КВАДРОТКЛ}(D3:D12;D14)$$

- у комірці F13 розрахувати стандартну похибку прогнозу за формулою (11.4):  

$$=B23*КОРЕНЬ(1+1/СЧЁТ(A3:A12)+(14,6-D14)^2/E13)$$
- у комірці F14 допомогою статистичної функції *СТЬЮДРАСПОБР* визначити значення коефіцієнта  $t_\alpha$ ;
- розрахувати, відповідно, верхню (комірка H13) та нижню (комірка I13) межі інтервалу довіри:  

$$=C13+F14*F13 \qquad \qquad \qquad =C13-F14*F13$$

На завершення зазначимо, що для методу екстраполяції трендів, у якому розвиток досліджуваного процесу аналізується лише залежно від часу, формула розрахунку стандартної похибки прогнозу в результаті нескладних перетворень набуде вигляду

$$s_f = s_{yx} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{3 \cdot (n + 2p - 1)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}}, \quad (11.8)$$

де  $n$  – довжина динамічного ряду передісторії;  
 $p$  – величини горизонту прогнозу.

З останнього рівняння можна зробити висновок, що зростання довжини періоду передісторії веде до зменшення похибки прогнозу, а зростання горизонту прогнозу, навпаки – до її збільшення.

## ТЕМА 12. ПРОГНОЗУВАННЯ СЕЗОННИХ ПРОЦЕСІВ

- 12.1. Прогнозування з врахуванням сезонності
- 12.2. Оцінювання сезонної компоненти за допомогою індексу сезонності
- 12.3. Метод декомпозиції часового ряду
- 12.4. Модель сезонної хвилі на основі гармонійного аналізу

### 12.1. Прогнозування з врахуванням сезонності

В процесі господарської діяльності окремі галузі промисловості, торгівля, побут стикаються з періодичними коливаннями, які викликані сезонним характером виробництва та споживання товарів і послуг. Сезонні коливання – це більш чи менш сталі внутрішньорічні коливання в ряді динаміки, що обумовлені специфічними умовами виробництва і споживання даного товару чи послуг. Для організації виробництва і реалізації продукції сезонних виробництв надзвичайно важливо вивчити тенденцію сезонних коливань, що склалися, і розробити прогноз на найближчу перспективу, головним чином, на наступний рік.

Сезонні коливання формуються під впливом не лише природно-кліматичних, але й соціально-економічних факторів. Сила і напрям дії окремих факторів формує різну конфігурацію сезонної хвилі. За своїм характером сезонна компонента може бути адитивною або мультиплікативною. Для адитивної компоненти характерні сталі коливання навколо середнього рівня чи тренду, для мультиплікативної – зростання амплітуди коливань з часом.

Сезонна компонента характеризується періодом  $s$  ( $s=12$  для ряду щомісячних даних;  $s=4$  – для ряду щоквартальних даних і т.д.). Якщо  $s$  – кількість місяців або кварталів у році,  $k$  – кількість років, представлених у часовому ряді, то загальна кількість статистичних даних  $n$

$$n = k \cdot s. \quad (12.1)$$

При аналізі часового ряду передусім перевіряють гіпотезу про наявність або відсутність сезонних коливань, оскільки ряд не завжди містить сезонну складову. Для оцінювання впливу сезонності на досліджуваний показник іноді достатньо економічного (змістовного) аналізу та графічного відображення спостережень за два-три роки. Якщо сила коливань не надто значна, використовують спеціальні статистичні критерії: дисперсійний, автокореляційний, гармонічний тощо. Сутність їх зводиться до перевірки на випадковість залишкової компоненти ряду, з якого вилучено тренд.

У разі підтвердження існування сезонного впливу на процес здійснюють фільтрацію сезонної компоненти. Більшість методів фільтрації побудовано таким чином, що спершу виокремлюють тренд. Після виокремлення тренду залишаються сезонна компонента разом з випадковою. Розподіл сезонної та випадкової компонент завжди починається із виокремлення сезонної компоненти.

Існує кілька методик оцінювання сезонної компоненти. Основні відмінності їх полягають у тому, в якій послідовності та якими методами виокремлювати складові часового ряду, на якому етапі вважати точність виокремлених складових задовільною.

Під час дослідження сезонної хвилі найчастіше припускають, що вона не

змінюється з року в рік. Насправді таке припущення далеке від дійсності, принаймні для більшості економічних процесів. Для сезонної хвилі характерна зміна з часом як її розмаху, так і форми. Тому до всього іншого виникає потреба в аналізі та передбаченні змін сезонної хвилі.

Проблеми сезонності не обмежується тільки місячними чи кварталними змінами даних, пов'язаними з сезонним характером виробництва і споживання продукції. В окремих галузях промисловості періодичні коливання виробництва продукції пов'язані з особливостями технології, характером сировини та іншими факторами. Так, у цукровій промисловості встановлена середньодобова норма переробки цукрового буряка на початку виробничого сезону і в його кінці, як правило, не виконується, а в середині виробництва є умови для її перевиконання. Це пов'язано, головним чином, з технологічними властивостями сировини – цукрового буряка.

## 12.2. Оцінювання сезонної компоненти за допомогою індексу сезонності

Найпростішим способом, який дозволяє оцінити сезонні коливання рівнів досліджуваного показника, є розрахунок питомої ваги кожного рівня в загальному річному обсязі, або індексу сезонності. При прогнозуванні сезонних процесів цим методом припускають, що у майбутньому збережеться тенденція і такий же характер коливань, як і в минулому.

Індекс сезонності, або стала пропорційності для  $j$ -го періоду (кварталу, місяця чи іншого), є безрозмірною величиною та не змінюється з року в рік. Він характеризує ступінь відхилення рівня сезонного часового ряду від ряду середніх (тренду) або, інакше кажучи, ступінь коливань відносно 1 чи 100%. За таких умов прогноз тренду на будь-який період (місяць, квартал чи пору року), складений за одним з раніше розглянутих методів, наприклад, методом екстраполяції тренду, коригується індексом сезонності:

$$\hat{y}_s = \hat{y} \cdot I_s, \quad (12.2)$$

де  $\hat{y}_s$  – прогноз на планову частину року з врахуванням сезонності;

$\hat{y}$  – тренд, розрахований за середньорічною тенденцією («річна» складова);

$I_s$  – індекс сезонності.

Кожний рівень часового ряду  $y_i$  належить до певного сезонного циклу з періодом  $s$ , довжина якого становить або 12 місяців, або 4 квартали або ін. Відношення  $y_i$  до середнього рівня  $\bar{y}$  за цикл у загальному випадку і називається індексом сезонності:

$$I_s = \frac{y_i}{\bar{y}}. \quad (12.3)$$

Сукупність індексів сезонності в межах одного циклу утворює сезонну хвилю.

Недоліком індексів сезонності є те, що вони не дозволяють враховувати наявні випадкові коливання та тенденцію зміни середньорічного рівня й сезонної хвилі.

Практичне використання індексів сезонності спочатку покажемо на схематичному прикладі. Нехай відомі статистичні звітні дані про реалізацію

продукції по кварталах за три минулі роки:

$y_{11}$  – обсяг реалізації за перший квартал першого звітного року;

$y_{21}$  – обсяг реалізації за другий квартал першого звітного року;

...

$y_{43}$  – обсяг реалізації за четвертий квартал третього звітного року.

Необхідно розрахувати індекси сезонності, побудувати сезонну хвилю і скласти прогноз обсягу реалізації продукції на окремі квартали наступного року.

Етапи розрахунку:

1. На основі звітних статистичних даних за низку повторюваних періодів (у нашому прикладі – кварталів) визначається середнє значення досліджуваного параметра  $\bar{y}_i$  за ці періоди. Наприклад, для першого кварталу:

$$\bar{y}_1 = \frac{y_{11} + y_{12} + y_{13}}{3}, \quad (12.4)$$

і т.д. для другого-четвертого кварталів.

2. Визначається середнє значення досліджуваного параметра за всі звітні періоди

$$\bar{y} = \frac{y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{21} + y_{22} + y_{23} + y_{31} + y_{32} + y_{33} + y_{41} + y_{42} + y_{43}}{12}. \quad (12.5)$$

3. Розраховується сезонний індекс для кожного  $i$ -го періоду (кварталу):

$$I_{si} = \frac{\bar{y}_i}{\bar{y}}. \quad (12.6)$$

Ряд сезонних індексів  $I_{s1}$ ,  $I_{s2}$ ,  $I_{s3}$  і  $I_{s4}$  утворює сезонну хвилю.

4. Складається прогноз обсягу реалізації продукції на кожен окремий квартал наступного року  $\hat{y}_{si}$ . Для цього як вихідні дані обов'язково слід мати прогноз реалізації продукції на цілий наступний рік без врахування сезонності  $\hat{y}$ , складений за одним з раніше розглянутих методів.

У нашому прикладі сезонне уточнення по періодах проводиться наступним чином:

$$\hat{y}_{si} = \frac{\hat{y}}{s} \cdot I_{si}, \quad (12.7)$$

де  $s$  – кількість періодів прогнозування в році (4 квартали).

Зазначені формули 12.4-12.7 зведено у таблицю 12.1.

Таблиця 12.1 – Порядок розрахунку індексів сезонності

Кwartали року	Статистичні звітні дані по роках, $y_{ij}$			Середнє значення показника по кварталах, $\bar{y}_i$	Сезонні індекси по кварталах, $I_{si}$	Прогнози на квартали наступного року, $\hat{y}_{si}$
	1-й рік	2-й рік	3-й рік			
I	$y_{11}$	$y_{12}$	$y_{13}$	$\bar{y}_1 = \frac{y_{11} + y_{12} + y_{13}}{3}$	$I_{s1} = \frac{\bar{y}_1}{\bar{y}}$	$\hat{y}_{s1} = \frac{\hat{y}}{n} \cdot I_{s1}$
II	$y_{21}$	$y_{22}$	$y_{23}$	$\bar{y}_2 = \frac{y_{21} + y_{22} + y_{23}}{3}$	$I_{s2} = \frac{\bar{y}_2}{\bar{y}}$	$\hat{y}_{s2} = \frac{\hat{y}}{n} \cdot I_{s2}$
III	$y_{31}$	$y_{32}$	$y_{33}$	$\bar{y}_3 = \frac{y_{31} + y_{32} + y_{33}}{3}$	$I_{s3} = \frac{\bar{y}_3}{\bar{y}}$	$\hat{y}_{s3} = \frac{\hat{y}}{n} \cdot I_{s3}$
IV	$y_{41}$	$y_{42}$	$y_{43}$	$\bar{y}_4 = \frac{y_{41} + y_{42} + y_{43}}{3}$	$I_{s4} = \frac{\bar{y}_4}{\bar{y}}$	$\hat{y}_{s4} = \frac{\hat{y}}{n} \cdot I_{s4}$

Більш детальний розрахунок сезонних прогнозів на 2012 рік продемонструємо на основі вихідних даних, наведених у табл. 12.2 за умови, що загальний річний прогноз обсягів реалізації продукції становить 3685 тис. грн.

Таблиця 12.2 – Вихідні дані для розрахунку сезонних прогнозів на 2012 рік

Квартали	Обсяг реалізації продукції, тис. грн.		
	2009	2010	2011
I	604	717	729
II	1154	1207	1252
III	1306	1385	1308
IV	302	398	314

Спершу, знайдемо середній обсяг реалізації продукції за I-IV квартали кожного року (табл. 12.3.)

Таблиця 12.3 – Результати розрахунку середнього обсягу реалізації продукції за I-IV квартали 2009-2011 років

Квартали	Обсяг реалізації продукції, тис. грн.			Середній обсяг реалізації продукції, тис. грн.
	2009	2010	2011	
I	604	717	729	$\bar{y}_1 = \frac{604 + 717 + 729}{3} \approx 683,3$
II	1154	1207	1252	$\bar{y}_2 = \frac{1154 + 1207 + 1252}{3} \approx 1204,3$
III	1306	1385	1308	$\bar{y}_3 = \frac{1306 + 1385 + 1308}{3} \approx 1333$
IV	302	398	314	$\bar{y}_4 = \frac{302 + 398 + 314}{3} \approx 338$

Середній обсяг реалізації продукції за всі періоди  $n$  за формулою (12.5) становить:

$$\bar{y} = \frac{604 + 717 + 729 + 1154 + 1207 + 1252 + 1306 + 1385 + 1308 + 302 + 398 + 314}{12} \approx 889,67.$$

Індекси сезонності для кожного кварталу розраховані в таблиці 12.4 за формулою (12.6).

Таблиця 12.4 – Результати розрахунку індексів сезонності

Квартали	Обсяг реалізації продукції, тис. грн.			Середній обсяг реалізації продукції, тис. грн., $\bar{y}_i$	Індекс сезонності для кожного кварталу, $I_{si}$
	2009	2010	2011		
I	604	717	729	$\bar{y}_1 = 683,3$	$I_{s1} = \frac{683,3}{889,67} \approx 0,77$
II	1154	1207	1252	$\bar{y}_2 = 1204,3$	$I_{s2} = \frac{1204,3}{889,67} \approx 1,35$
III	1306	1385	1308	$\bar{y}_3 = 1333$	$I_{s3} = \frac{1333}{889,67} \approx 1,50$
IV	302	398	314	$\bar{y}_4 = 338$	$I_{s4} = \frac{338}{889,67} \approx 0,38$



Індекс сезонності в I кварталі становить 0,77. Це означає, що обсяг реалізації продукції є нижчим на 23% від середньорічного обсягу ( $0,77 \cdot 100\% - 100\%$ ). Індекс сезонності у II кварталі становить 1,35 та у III кварталі – 1,50, а тому обсяг реалізації продукції в II кварталі є вищим на 35% від середньорічного обсягу ( $1,35 \cdot 100\% - 100\%$ ), в III кварталі є вищим на 50% від середньорічного обсягу ( $1,50 \cdot 100\% - 100\%$ ). Індекс сезонності в IV кварталі становить 0,38, а тому обсяг реалізації продукції є нижчим на 62% від середньорічного обсягу ( $0,38 \cdot 100\% - 100\%$ ).

Прогнози з врахуванням сезонності для обсягів реалізації продукції на окремі квартали наступного року при умові, що річний прогноз обсягів реалізації продукції становить 3685 тис. грн., розраховано в таблиці 12.5 за формулою (12.7).

Таблиця 12.5 – Результати розрахунку прогнозу з врахуванням сезонності

Квартал и	Обсяг реалізації продукції, тис. грн.			Середній обсяг реалізації продукції, тис. грн., $\bar{y}_i$	Індекс сезонності для кожного кварталу, $I_{si}$	Прогноз обсягів реалізації продукції, тис. грн., $\hat{y}_{si}$
	2009	2010	2011			
I	604	717	729	$\bar{y}_1 = 683,3$	$I_{s1} = 0,77$	$\hat{y}_{s1} = \frac{3685}{4} \cdot 0,77 \approx 707,59$
II	1154	1207	1252	$\bar{y}_2 = 1204,3$	$I_{s2} = 1,35$	$\hat{y}_{s2} = \frac{3685}{4} \cdot 1,35 \approx 1247,09$
III	1306	1385	1308	$\bar{y}_3 = 1333$	$I_{s3} = 1,50$	$\hat{y}_{s3} = \frac{3685}{4} \cdot 1,5 \approx 1380,32$
IV	302	398	314	$\bar{y}_4 = 338$	$I_{s4} = 0,38$	$\hat{y}_{s4} = \frac{3685}{4} \cdot 0,38 \approx 350$

Таким чином, прогноз обсягів реалізації продукції в I кварталі 2012 року становить 707,59 тис. грн., в II кварталі 2012 року – 1247,09 тис. грн., в III кварталі 2012 року – 1380,32 тис. грн., в IV кварталі 2012 року – 350 тис. грн.

В *Microsoft Excel* для проведення зазначених вище розрахунків (табл. 12.3-12.5) необхідно здійснити наступні дії:

- для розрахунку середнього обсягу реалізації продукції за I квартал в активованій комірці E3 слід завантажити “*Мастер функцій*” і використати функцію

$$=CPЗНАЧ(B3:D3)$$

Аналогічно для інших кварталів в комірках E4-E6.

- для визначення середнього обсягу реалізації продукції за всі періоди в комірці F8 використовується та ж функція

$$=CPЗНАЧ(B3:D6)$$

- для визначення індексу сезонності на I квартал в комірці F3 слід записати формулу

$$=E3/F\$8$$

та скопіювати її для інших кварталів в комірки F4-F6.

- для розрахунку прогнозу з врахуванням сезонності на I квартал в комірці G3 слід записати формулу

$$=(F\$9/4)*F3$$

та скопіювати її для інших кварталів в комірки G4- G6.

Результати представлені на рис. 12.1.

1	Квартали	Обсяг реалізації продукції (у), тис. грн.			Середній обсяг реалізації продукції, тис. грн.	Індекси сезонності за кожен квартал	Прогноз обсягів реалізації продукції, тис. грн.
		2009	2010	2011			
3	I	604	717	729	683,3	0,77	707,59
4	II	1154	1207	1252	1204,3	1,35	1247,09
5	III	1306	1385	1308	1333,0	1,50	1380,32
6	IV	302	398	314	338,0	0,38	350,00
8	Середній обсяг реалізації продукції, тис. грн.					889,67	
9	Річний прогноз обсягів реалізації продукції без врахування сезонності, тис.грн.					3685	

Рисунок 12.1 – Розрахунок сезонних прогнозів на I-IV квартали 2012 року з використанням *Microsoft Excel*

### 12.3. Метод декомпозиції часового ряду

Прогнозування сезонної компоненти методом декомпозиції часового ряду передбачає, що спочатку виявляють та прогнозують кожен компоненту ряду окремо (етап декомпозиції), а потім отримують загальний прогноз шляхом певного об'єднання окремих результатів. Для адитивної (при сталій амплітуді коливань навколо тренду) та мультиплікативної (при зростанні амплітуди коливань з часом) моделей послідовність розрахунку майже однакова.

Побудова прогнозної адитивної або мультиплікативної тренд-сезонної моделі здійснюється за наступним алгоритмом.

1. Часовий ряд  $y_t$  згладжується за методом ковзної середньої з періодом згладжування  $s$ .

2. Для узгодження згладжених значень  $y_t^s$  із фактичними моментами часу знаходяться центровані ковзні середні  $\tilde{y}_t$  – як середнє арифметичне з двох послідовних значень розрахованої ковзної середньої.

3. Розраховуються різниці між вхідними даними й центрованими середніми, тобто відхилення, які характеризують сезонний чинник:

$$s_{ij} = y_t - \tilde{y}_t. \quad (12.8)$$

Розраховуються оцінки сезонної компоненти  $\hat{s}_j$ . Для цього знаходяться: - середні її значення  $\bar{s}_j$  для кожного періоду  $j$

$$\bar{s}_j = \frac{\sum_{i=1}^k s_{ij}}{k}, \quad (12.9)$$

де  $j=1,2,\dots,s$  – кількість статистичних даних за рік;  
 $i=1,2,\dots,k$  – кількість років у числовому ряду;  
 - середнє сезонне значення  $\bar{s}$

$$\bar{s} = \sum_{j=1}^m \bar{s}_j. \quad (12.10)$$

При цьому припускається, що сезонні впливи за весь річний цикл гасять один одного, тобто  $\sum_{j=1}^m \bar{s}_j = 0$  для адитивної моделі і  $\sum_{j=1}^m \bar{s}_j = m$  для мультиплікативної моделі. Якщо ці умови не виконуються, то середні оцінки сезонної компоненти ( $\bar{s}_j$ ) виправляються.

Для адитивної моделі відкоригована оцінка сезонної компоненти вимірюється у абсолютних величинах і дорівнює

$$\hat{s}_j = \bar{s}_j - \alpha, \quad \alpha = \bar{s}/m. \quad (12.11)$$

Для мультиплікативної моделі це значення відносно

$$\hat{s}_j = \bar{s}_j \cdot \alpha, \quad \alpha = m/\bar{s}. \quad (12.12)$$

4. Вилученням сезонної компоненти з початкового часового ряду, одержується десезоналізований ряд.

5. Проводиться аналітичне згладжування десезоналізованого ряду і одержання оцінок тренду  $\hat{T}_t$ .

6. Розраховується не випадкова складова для адитивної моделі  $\hat{T}_t + \hat{s}_t$  або мультиплікативної моделі  $\hat{T}_t \cdot \hat{s}_t$ .

7. Визначаються абсолютні або відносні похибки  $\hat{\varepsilon}_t$  та проводиться перевірка адекватності моделі.

8. Розраховуються прогнози.

Детальніше даний алгоритм спочатку розглянемо на прикладі адитивної моделі

$$y_t = T_t + s_t + \varepsilon_t. \quad (12.13)$$

На основі даних про значення показника по кварталах за 2008-2011 роки (графи В-Д табл. на рис.12.2) необхідно побудувати прогноз на 2012 рік. Оскільки в даному випадку потрібно здійснити значний обсяг розрахунків, доцільно скористатися *Microsoft Excel*.

Графічний аналіз динаміки зміни показника (рис.12.3) вказує на наявність лінійного сезонно-адитивного тренду. Слід розрахувати його компоненти.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Рік	Квартал	t	$y_t$	$y^3_t$	$\tilde{y}_t$	$y_t - \tilde{y}_t = s_t + \varepsilon_t$	$\hat{s}_t$	$y_t - \hat{s}_t = T_t + \varepsilon_t$	$\hat{T}_t$	$\hat{T}_t + \hat{s}_t$	$e_t = y_t - \hat{T}_t - \hat{s}_t$
2	2008	I	1	850	#Н/Д			-58,052	908,052	921,977	863,924	-13,924
3		II	2	992	#Н/Д			46,323	945,677	928,213	974,536	17,464
4		III	3	840	#Н/Д	925,500	-85,500	-66,385	906,385	934,450	868,064	-28,064
5		IV	4	1005	921,75	930,250	74,750	78,115	926,885	940,686	1018,801	-13,801
6	2009	I	5	880	929,25	941,250	-61,250	-58,052	938,052	946,923	888,870	-8,870
7		II	6	1000	931,25	956,875	43,125	46,323	953,677	953,159	999,482	0,518
8		III	7	920	951,25	967,500	-47,500	-66,385	986,385	959,396	893,010	26,990
9		IV	8	1050	962,50	980,625	69,375	78,115	971,885	965,632	1043,747	6,253
10	2010	I	9	920	972,50	989,750	-69,750	-58,052	978,052	971,869	913,816	6,184
11		II	10	1065	988,75	994,500	70,500	46,323	1018,677	978,105	1024,428	40,572
12		III	11	928	990,75	1000,750	-72,750	-66,385	994,385	984,342	917,956	10,044
13		IV	12	1080	998,25	996,375	83,625	78,115	1001,885	990,578	1068,693	11,307
14	2011	I	13	940	1003,25	989,750	-49,750	-58,052	998,052	996,815	938,762	1,238
15		II	14	1010	989,50	991,250	18,750	46,323	963,677	1003,051	1049,374	-39,374
16		III	15	930	990,00			-66,385	996,385	1009,288	942,902	-12,902
17		IV	16	1090	992,50			78,115	1011,885	1015,524	1093,639	-3,639
18	2012	I	17					-58,052		1021,761	963,708	
19		II	18					46,323		1027,997	1074,320	
20		III	19					-66,385		1034,234	967,848	
21		IV	20					78,115		1040,470	1118,585	

Рисунок 12.2 Розрахунок компонент адитивної моделі декомпозиції часового ряду

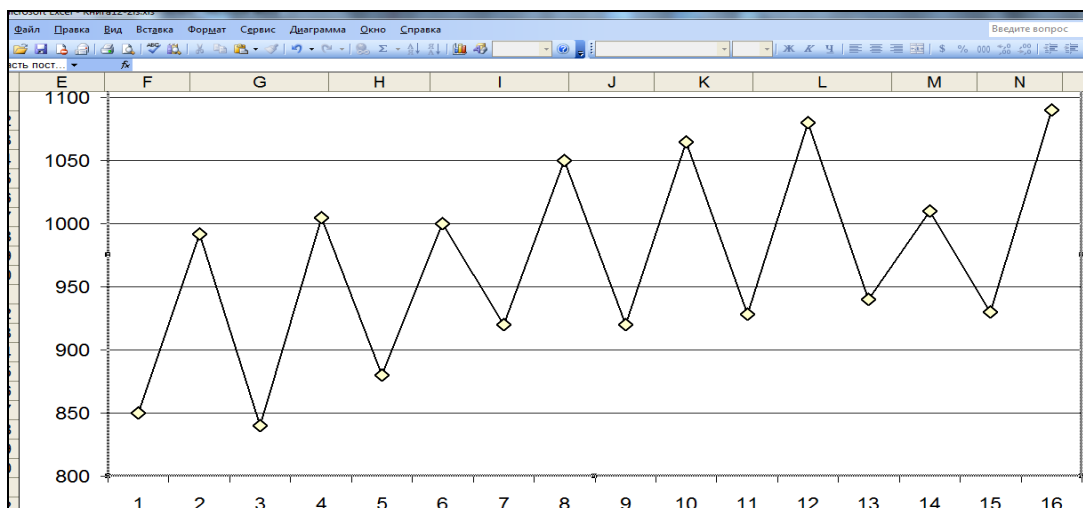


Рисунок 12.3 – Графічний аналіз динаміки зміни показника за звітні періоди

1. Початкові рівні ряду вирівнюються методом ковзної середньої з періодом згладжування 4 (оскільки здійснюється згладжування ефекту квартального впливу на тенденцію ряду) – графа Е табл. на рис.12.2. Для цього можна скористатися *Пакетом аналізу/ Скользящее среднее*.

2. Згладжені значення узгоджуються із фактичними моментами часу, для чого знаходяться центровані ковзні середні як середнє арифметичне з двох послідовних значень розрахованої ковзної середньої. Практично для цього треба знайти середнє значення першого і другого згладжених значень ковзної середньої, розташованих у комірках Е5 і Е6 (перше центроване ковзне), далі середнє значення другого і третього згладжених значень ковзної середньої у комірках Е6 і Е7 (друге центроване ковзне) і т.д. Центрованих ковзних буде на чотири значення

менше, ніж фактичних даних – вони відсутні для двох перших і двох останніх кварталів досліджуваного періоду (графа F табл. на 12.2).

3. Знаходяться оцінки сезонної хвилі для кожного кварталу. Для цього шляхом віднімання від рівнів фактичного ряду  $y_t$  центрованих ковзних середніх  $\tilde{y}_t$  розраховується сума сезонної та випадкової компонент (графа G табл. на рис. 12.2). У допоміжній таблиці (рис. 12.4) результати цього розрахунку перегруповуються за кварталами. На їх основі проводиться виділення сезонної складової:

- за формулою 12.9 знаходяться середні оцінки сезонної компоненти для j-го кварталу  $\bar{s}_j$  (комірки C29-F29 табл. на рис. 12.4);

- за формулою 12.10 знаходиться середнє сезонне значення  $\bar{s}$  (комірка G29 табл. на рис. 12.4).

Оскільки в моделях із сезонною компонентою припускається, що сезонні впливи за кожний річний період взаємопогашаються, зокрема у адитивній моделі сума значень сезонної компоненти по всіх кварталах повинна дорівнювати нулю, проводиться перевірка (комірка G29 табл. на рис. 12.4):

$$-60.25+44.125+68.583+75.917= - 8,792 \neq 0.$$

Для коригування оцінки сезонної компоненти розраховується коефіцієнт коригування (комірка H29 табл. на рис. 12.4):

$$\alpha = - 8,792/4= - 2,198.$$

Скориговані оцінки сезонної компоненти визначаються як різниця між її середньою оцінкою та коефіцієнтом коригування:

$$\hat{s}_j = \bar{s}_j - \alpha .$$

Оцінки  $\hat{s}_t$  зведені в табл. на рис. 12.4 у комірки C30-F30. Оскільки квартальні оцінки сезонної компоненти вважаються незмінними для всіх років, їх значення дублюються у графу H таблиці на рис. 12.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H
23		Роки	Квартали				$\bar{s}$	$\alpha$
24			I	II	III	IV		
25		2008			-85,500	74,750		
26		2009	-61,250	43,125	-47,500	69,375		
27		2010	-69,750	70,500	-72,750	83,625		
28		2011	-49,750	18,750				
29		$\bar{s}_j$	-60,250	44,125	-68,583	75,917	-8,792	-2,198
30		$\hat{s}_t$	-58,052	46,323	-66,385	78,115		
31								

Рисунок 12.4 – Розрахунок оцінок сезонної компоненти адитивної моделі

4. Вплив сезонної компоненти вилучається з ряду  $y_t$  за формулою

$$y_t - \hat{s}_t = T_t + \varepsilon_t.$$

(графа І табл. на рис. 12.2).

5. Проводиться розрахунок тренду  $\hat{T}_t$ . Оскільки в даному прикладі передбачено використання лінійного тренду, для його розрахунку можна скористатися функцією “Мастер діаграмм” або вбудованою статистичною функцією *ЛИНЕЙН*. Результат розрахунку дасть наступне рівняння

$$\hat{T}_t = 6.2365 \cdot t + 915.74 \quad (12.14)$$

при  $R^2 = 0.689$ .

Шляхом підстановки у рівняння (12.14) значень  $t = 1, 2, \dots, 20$  знаходяться теоретичні рівні тренду як для кожного заданого моменту часу, так і для прогнозних періодів (графа J табл. на рис. 12.2).

6. Теоретичні рівні ряду для відомих звітних періодів ( $t = 1, 2, \dots, 16$ ) розраховуються за формулою

$$\hat{y}_t = \hat{T}_t + \hat{s}_t$$

(графа К табл. на рис. 12.2).

7. Розрахунок похибок проводиться за формулою

$$e_t = y_t - \hat{T}_t - \hat{s}_t.$$

Їх значення наведені у графі L табл. на рис. 12.2. Щоб визначити, наскільки точно модель згладжує попередні дані, можна застосувати показники середнього абсолютного відхилення, середньої похибки апроксимації тощо.

8. Розраховуються щоквартальні прогнозні значення за формулою

$$\hat{y}_t = \hat{T}_t + \hat{s}_t,$$

де тренд розраховується за рівнянням (12.14), коли  $t$  дорівнює прогнозованим кварталам ( $t = 17, 18, 19, 20$ ), а оцінки сезонної компоненти не змінюються порівняно з минулими періодами. При цьому не слід забувати: чим більш віддаленим є період випередження, тим прогноз менш достовірний.

Графічний аналіз динаміки процесу за адитивною моделлю наведено на рис. 12.5.

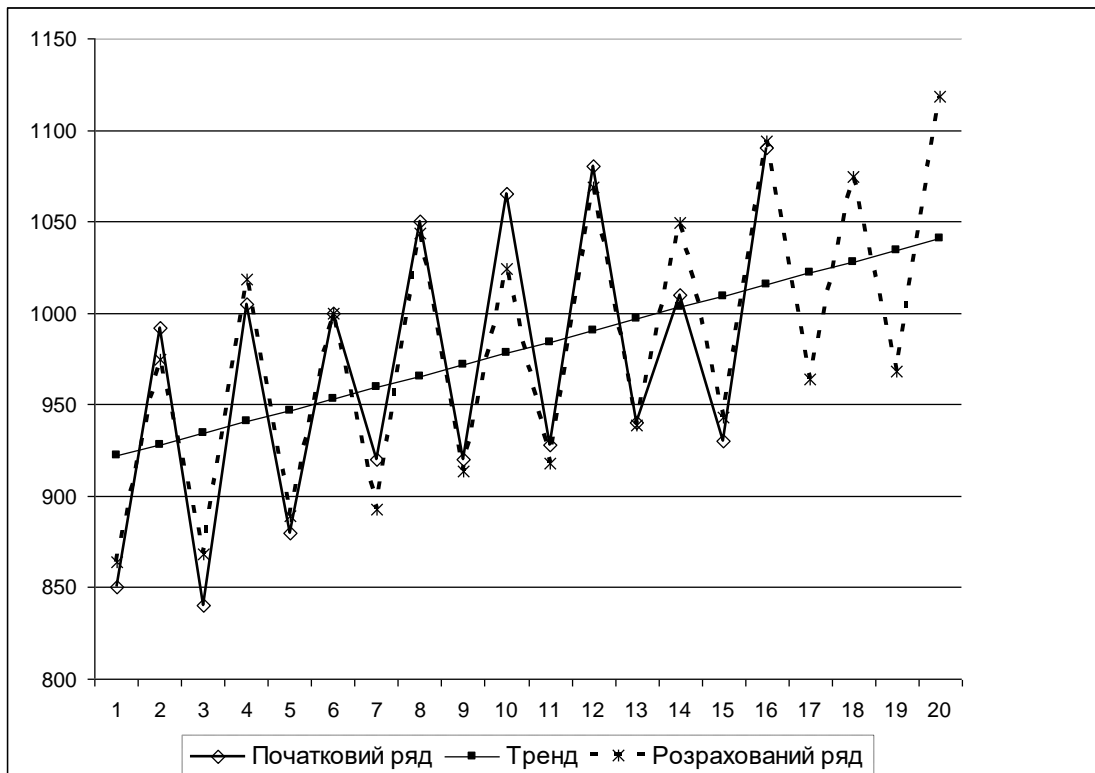


Рисунок 12.5. Графічний аналіз динаміки процесу за адитивною моделлю

Аналогічний розрахунок можна провести, якщо за основу прогнозування взяти сезонну мультиплікативну модель часового ряду (табл. на рис. 12.6).

Перших два етапи розрахунку (вирівнювання початкових рівнів ряду ковзною середньою та обчислення центрованих ковзних середніх згладженого ряду) не відрізняються від тих, що були застосовані для адитивної моделі (графи А-Г у табл. на рис. 12.2 і 12.6 ідентичні).

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Квартал	t	$y_t$	$y^3_t$	$\tilde{y}_t$	$y_t / \tilde{y}_t = s_t \cdot \varepsilon_t$	$\hat{s}_t$	$y_t / \hat{s}_t = v_t \cdot \varepsilon_t$	$\hat{T}_t$	$\hat{y}_t = \hat{T}_t \cdot \hat{s}_t$	$e_t = y_t / (\hat{T}_t \cdot \hat{s}_t)$
2	I	1	850	#Н/Д			0,940	849,060	907,945	908,885	0,995
3	II	2	992	#Н/Д			1,048	990,952	915,919	916,967	1,034
4	III	3	840	#Н/Д	925,500	0,908	0,931	839,069	923,894	924,825	0,977
5	IV	4	1005	921,75	930,250	1,080	1,081	1003,919	931,869	932,950	0,998
6	I	5	880	929,25	941,250	0,935	0,940	879,060	939,844	940,784	0,996
7	II	6	1000	931,25	956,875	1,045	1,048	998,952	947,818	948,866	1,007
8	III	7	920	951,25	967,500	0,951	0,931	919,069	955,793	956,724	1,034
9	IV	8	1050	962,50	980,625	1,071	1,081	1048,919	963,768	964,849	1,008
10	I	9	920	972,50	989,750	0,930	0,940	919,060	971,742	972,683	1,007
11	II	10	1065	988,75	994,500	1,071	1,048	1063,952	979,717	980,765	1,038
12	III	11	928	990,75	1000,750	0,927	0,931	927,069	987,692	988,623	1,009
13	IV	12	1080	998,25	996,375	1,084	1,081	1078,919	995,666	996,747	1,003
14	I	13	940	1003,25	989,750	0,950	0,940	939,060	1003,641	1004,582	0,996
15	II	14	1010	989,50	991,250	1,019	1,048	1008,952	1011,616	1012,663	0,953
16	III	15	930	990,00			0,931	929,069	1019,591	1020,521	0,980
17	IV	16	1090	992,50			1,081	1088,919	1027,565	1028,646	0,981
18	I	17					0,940		1035,540	1036,480	
19	II	18					1,048		1043,515	1044,562	
20	III	19					0,931		1051,489	1052,420	
21	IV	20					1,081		1059,464	1060,545	

Рисунок 12.6 – Розрахунок компонент мультиплікативної моделі декомпозиції часового ряду

3. Для знаходження сезонної та випадкової компонент для кожного кварталу фактичні рівні ряду  $y_t$  діляться на центровані ковзні середні  $\tilde{y}_t$  (графа G у табл. на рис. 12.6). Ці значення використовуються для розрахунку відкоригованої сезонної компоненти (допоміжна таблиця на рис. 12.7). Оскільки значення сезонної компоненти – це частки, а кількість сезонів у році дорівнює чотирьом, необхідно, щоб сума значень сезонних компонент по усіх кварталах теж дорівнювала чотирьом. Якщо ця сума не дорівнює чотирьом, то значення сезонної компоненти виправляються.

У наведеному прикладі середнє сезонне значення сезонної компоненти дорівнює 3,99. Таким чином, коефіцієнт коригування:

$$\alpha = 4 / 3,99 = 1,003 \alpha .$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
20		III	19					0,931
21		IV	20					1,081
23		Роки	Квартали				$\bar{s}$	$\alpha$
24			I	II	III	IV		
25		2008			0,908	1,080		
26		2009	0,935	1,045	0,951	1,071		
27		2010	0,930	1,071	0,927	1,084		
28		2011	0,950	1,019				
29		$\bar{s}_j$	0,938	1,045	0,929	1,078	3,990	1,003
30		$\hat{s}_t$	0,940	1,048	0,931	1,081		
31								

Рисунок 12.7 – Розрахунок оцінок сезонної компоненти мультиплікативної моделі

Розраховуються скориговані оцінки сезонної компоненти як добуток середніх квартальних оцінок на коефіцієнт коригування:

$$\hat{s}_j = \bar{s}_j \cdot \alpha .$$

Оцінки  $\hat{s}_t$  зведені у комірки C30-F30 табл. на рис. 12.7. Аналогічно, як і в адитивній моделі, їх значення дублюються для всіх кварталів у графу H таблиці на рис. 12.6.

4. Вплив сезонної компоненти вилучається з ряду шляхом ділення  $y_t$  на  $\hat{s}_j$ :

$$y_t / \hat{s}_t = v_t \cdot \varepsilon_t$$

(графа I табл. на рис. 12.6).

5. За даними графі I проводиться розрахунок лінійного тренду  $\hat{T}_t$ :

$$\hat{T}_t = 7,9747 \cdot t + 899,97 \quad (12.15)$$

При підставлянні у рівняння (12.15) значень  $t = 1, 2, \dots, 20$  знаходяться теоретичні рівні тренду як для кожного заданого моменту часу, так і для прогнозних періодів (графа J табл. на рис. 12.6).



6. Теоретичні рівні ряду визначаються за формулою

$$\hat{y}_t = \hat{T}_t \cdot \hat{s}_t$$

(графа К табл. на рис. 12.6).

7. Обчислення оцінок похибок здійснюють за формулою

$$e_t = y_t / (\hat{T}_t \cdot \hat{s}_t)$$

(графа L табл. на рис. 12.6).

#### 12.4. Модель сезонної хвилі на основі гармонійного аналізу

За наявності періодичних коливань ряду щомісячної динаміки використовують також моделі сезонної хвилі на основі гармонійного аналізу. Основними її характеристиками є: амплітуда, фаза, період і частота коливань.

Амплітуда  $A$  характеризує відстань від середнього рівня до максимуму (мінімуму) сезонної хвилі; період коливань  $s$  – тривалість циклу; частота  $f$  – кількість циклів в одиницю часу, тобто  $f = 1/s$ . Якщо  $s=12$  місяців, то  $f = 1/12$  циклу за місяць. Відстань між початком відліку часу і найближчим піком називають фазою  $\theta$ .

Сезонну хвилю з періодом  $s$  можна описати функцією:

$$y = a + b \cos \omega t + d \sin \omega t,$$

де  $\omega$  - кутова частота гармоніки, яка вимірюється радіанами в одиницю часу.

$$\omega = 2\pi f = 2\pi / s$$

і змінюється в інтервалі  $0 \leq \omega \leq 2\pi$ ;

$b, d$  – коефіцієнти гармоніки, функціонально зв'язані з амплітудою

Коефіцієнти гармоніки визначаються методом найменших квадратів.

Гармонійна функція розкладає часовий ряд на правильні періодичні хвилі - синусоїди. Адекватність її реальному процесу залежить від того, наскільки сталими є частота й амплітуда коливань. Саме такий відносно сталий характер внутрішньорічної динаміки притаманний ринку сезонних товарів.

## ТЕМА 13. ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОГНОЗУВАННЯ

- 13.1. Верифікація прогнозів
- 13.2. Побудова комбінованого прогнозу
- 13.3. Контроль прогнозу

### 13.1. Верифікація прогнозів

В процесі прийняття рішень кожен спеціаліст бажає отримати найбільш прийнятний, достовірний прогноз. З самого трактування прогнозу випливає, що йому властива невизначеність, яку необхідно оцінити перед тим, як приймати управлінське рішення. Тому важливим етапом прогнозування є верифікація прогнозів.

*Верифікація* (від латинського *verus* – істинний) – це сукупність критеріїв, способів і процедур, що дозволяють на основі багатобічного аналізу оцінювати якість одержуваного прогнозу.

Верифікація прогнозу – це визначення:

- вірогідності виробленого прогнозу, тобто ступеня його відповідності дійсному стану об'єкта в майбутньому, що прогнозується;
- ступеня відповідності прогнозу вимогам сучасної науки, тенденціям розвитку суспільної практики;
- ступеня достовірності прогнозу, тобто ймовірності здійснення передбаченого у заданий часовий інтервал;
- обґрунтованості, тобто відповідності теорії практиці.

Особливість верифікації при дослідженні майбутнього полягає в тому, що немає загальноприйнятого комплексного, єдиного критерію і відповідного йому методу, що описує якість прогнозу.

*Якість прогнозу* – це сукупність таких характеристик прогнозу, що у комплексі дозволяють зробити його ефективним, корисним в управлінні, забезпечують одержання достовірного опису об'єкта на визначену перспективу і можливість достовірного використання прогнозних результатів для процедури прийняття рішення.

Загальні фактори, що впливають на якість прогнозів:

*1. Характеристики вихідної інформації, що використовується для складання прогнозів:*

*а) доступність і точність ретроспективних даних.* Прогноз не може бути більш точним, ніж дані, на яких він побудований;

*б) обсяг вибірки, тобто кількість спостережень за минулим досліджуваного процесу* (як довго велося спостереження). Чим більша кількість спостережень, тим точніший прогноз. Згідно статистичного закону великих чисел, розмір помилок прогнозування зменшується по мірі збільшення кількості спостережень, тим самим збільшуючи точність прогнозу, і навпаки;

*в) однорідність даних.* Чим більше однорідними є дані (при інших рівних умовах), тим точніший прогноз, і навпаки. Так наприклад, дані, зібрані для одного регіону, можуть дозволити передбачити сезонність більш точно, ніж дані, зібрані з різних регіонів з різними погодними умовами;

2. *Вибір методу прогнозування.* Не існує якого-небудь одного методу прогнозування, що завжди був би кращим за інші. Прогнозування є настільки ж мистецтвом, наскільки і наукою. В першу чергу при виборі методу слід враховувати тісну взаємодію між методом і наявною інформацією, оскільки для інформації, що має певну специфіку, варто використовувати саме той метод, що враховує дану специфіку.

3. *Тривалість прогнозованого періоду (горизонт прогнозу).* Звичайно, при збільшенні горизонту точність прогнозів зменшується, а сама процедура їх оцінки ускладнюється.

4. *Час, що є в наявності для проведення аналізу.* Інколи час може виявитися головним лімітуючим чинником, оскільки саме від швидкості прийняття рішення буде залежати результат (особливо для оперативних та короткострокових прогнозів).

5. *Вартість проведення аналізу і підготовки прогнозів.* Вибір оптимального методу повинен здійснюватись на основі порівняння витрат і переваг кожного методу. Звичайно, існує певний зв'язок: точність прогнозу сприяє зниженню втрат, пов'язаних з неточним прогнозом, а для того, щоб підготувати прогноз з високим ступенем точності, потрібна велика кількість ресурсів, у тому числі і часу. Тому загальна рекомендація наступна: точність прогнозу слід підвищувати до тих пір, коли максимальні збитки від неточності прогнозу зрівняються з витратами на підготовку точного прогнозу.

6. *Стабільність середовища, в якому розвивається досліджуване явище чи об'єкт.* Одержання точних прогнозних результатів для зовнішніх умов, що змінюються, при дії перемінних факторів значно ускладнюється, але наявність таких прогнозів підвищує ефективність керування складними системами.

7. *Конкуренція.* Для економічних прогнозів при інших рівних умовах, чим сильнішою є конкуренція на ринку, тим вище рівень невизначеності, і тим складніше отримувати достовірні прогнози.

8. *Суб'єктивні чинники.* Особисті якості прогнозиста завжди впливають на процес прогнозування. Звичайно, цей вплив є більш характерним при використанні інтуїтивних процедур, проте і для кількісних методів він може проявлятися істотно.

При верифікації слід розрізняти оцінку методу прогнозування, з використанням якого був отриманий той чи інший прогнозний результат, та оцінку якості самого прогнозного результату. Звичайно якість методу можна оцінити тільки відносно якості використаної інформації, оскільки той самий метод може видати достовірний або недостовірний результат у залежності від якості використаної для одержання прогнозу інформації. Що ж стосується оцінки вірогідності і надійності самого прогнозу, то збіг прогнозних результатів, отриманих різними методами, з різних джерел і т.д., ще не свідчить про надійність і якість прогнозу, бо останнє залежить від того, яке рішення було прийняте на основі розробленого прогнозу.

Оцінка прогнозу значною мірою залежить від здатності прогнозиста впливати на хід досліджуваного явища. Якщо прогнозист в силу тих чи інших

причин не контролює прогнозоване явище, то прогноз тільки тоді достовірний, коли він збігається з реальним результатом.

Оцінити точність такого прогнозу можна двома шляхами:

- після завершення прогнозного періоду (здійснення події);
- використанням методу “ex-post прогноз”.

Показники, які використовуються для такої оцінки можна розділити на три групи: абсолютні, порівняльні і якісні.

До абсолютних показників відносяться: абсолютне відхилення (абсолютна похибка прогнозу), середнє абсолютне відхилення, середнє квадратичне відхилення, середня абсолютна помилка апроксимації, середня помилка апроксимації та ін. (формули (7.24) - (7.28) теми 7). Чим менші значення цих величин, тим вища якість прогнозу. На практиці ці характеристики використовують досить часто. Даний підхід дає гарні результати, якщо на періоді прогнозу не виникають принципово нові закономірності. Наприклад, на підставі значень середньої абсолютної похибки апроксимації використовують наступну шкалу оцінки якості прогнозу (табл. 13.1).

Таблиця 13.1 – Оцінка точності прогнозу з використанням середньої абсолютної похибки апроксимації

$\bar{\varepsilon}$	Точність прогнозу
Менше 10 %	Висока
10 % — 20 %	Добра
20 % — 40 %	Задовільна
40 % — 50 %	Погана
Більше 50 %	Незадовільна

Недоліком зазначених вище абсолютних показників точності прогнозів є їх залежність від обраних одиниць виміру. Тому використовуються безрозмірні показники, аналогічні до коефіцієнта кореляції. Одним з них є коефіцієнт невідповідності Тейла, який належить до групи порівняльних показників. Чисельником коефіцієнта Тейла є середньоквадратична похибка прогнозу, а знаменник дорівнює квадратному кореню із середнього квадрата фактичних та прогнозних значень:

$$U = \frac{\sqrt{\sum (\hat{y}_i - y_i)^2 / m}}{\sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i^2 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{y}_i^2}}. \quad (13.1)$$

Перевага коефіцієнта Тейла полягає в тому, що його значення завжди перебувають у межах від нуля до одиниці. Якщо всі прогнози абсолютно точні, то  $U=0$ . Мала величина  $U$  засвідчує, що прогноз є точним. При  $U=1$  складається ситуація, коли всі прогнозні значення дорівнюють нулю, що нереально під час прогнозування номінальних величин.

Коефіцієнт невідповідності Тейла може бути розкладений на три частини: пропорцію зсунення

$$U^M = \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}, \quad (13.2)$$

пропорцію дисперсії

$$U^S = \frac{(\sigma_y - \sigma_{\hat{y}})^2}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}, \quad (13.3)$$

пропорцію коваріації

$$U^C = \frac{2(1-\rho)(\sigma_y \cdot \sigma_{\hat{y}})}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}. \quad (13.4)$$

Слід зазначити, що

$$U^M + U^S + U^C = 1. \quad (13.5)$$

Критерій зсуву пропорції ( $U^M$ ) використовується, щоб перевірити, 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 зсув, 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 зсування.

Пропорція коваріації вказує, як корелюють фактичні та розраховані значення. Якщо  $U^C$  дорівнює 1, то фактичні та розраховані значення корелюють ідеально.

Якісні показники точності прогнозу базуються на розкладанні помилок прогнозування на певні складові частини.

Вибір показників точності прогнозу залежить від об'єкта прогнозування і задач, які ставляться.

Проте не завжди можна стверджувати, що найкращим слід вважати прогноз, для якого найбільш точно співпадуть прогнозні оцінки і реальна ситуація. Є дві обставини, які роблять наведений критерій оцінки прогнозу неоднозначним, а інколи і неприйнятним.

Перша обставина, менш важлива, полягає в тому, що достовірність прогнозу може бути оцінена тільки після завершення події. Наприклад, про точність прогнозу одержання прибутку за рік можна буде робити висновки тільки після завершення прогнозного періоду, тобто на початку наступного року, що може бути занадто пізно для організації, яка знаходиться у скруті.

Друга, і більш важлива за значенням, обставина полягає в тому, що зроблений прогноз дозволяє суб'єктам ринку приймати певні рішення і здійснювати різні дії. У зв'язку з цим існують такі поняття як:

- прогноз, що "самоздійснюється";

- прогноз, що “самоанулюється”.

*Прогноз що “самоздійснюється”* – це такий прогноз, який стає достовірним лише тому, що був зроблений. Наприклад, в засобах масової інформації виступили відомі і авторитетні спеціалісти зі своїми прогнозами про значне посилення інфляції. Реакція більшості громадян в таких випадках достатньо відома: почнеться масове позбавлення від готівкових збережень, придбання товарів “про запас”. Наплив грошових коштів на ринок приведе до росту цін і інфляція, таким чином, неминуча.

*Прогноз що “самоанулюється”* – це такий прогноз, який навпаки виявиться недостовірним лише тому, що він був зроблений. Наприклад, короткостроковий прогноз сповіщає про можливий зрив за певних причин виконання плану з реалізації продукції. В такому випадку компетентна особа, що приймає рішення, здійснить всі від неї залежні заходи, щоб усунути перешкоди, і тим самим запобігти або хоча б пом’якшити небажані наслідки, взявши під контроль ситуацію. І якщо ці дії своєчасні та ефективні, поставлені цілі будуть досягнуті, а прогноз в такому випадку виявиться недостовірним.

Таким чином, найбільш загальним критерієм оцінки прогнозу слід вважати його корисність в процесі прийняття рішень. *Оптимальний прогноз* – це зроблене на підставі економічної теорії передбачення, яке використовує всю доступну на момент побудови прогнозу інформацію. Для оптимального прогнозу граничний вигравш та граничні витрати збігаються. Оптимальний прогноз іще називають прогнозом раціональних сподівань. Раціональні сподівання можуть відрізнятися від фактичних значень, але будь-яка різниця має бути випадковою й непередбачуваною.

Узагальнюючи огляд критеріїв визначення якісного прогнозу, можна стверджувати, що варто користуватися системою критеріїв, які мають враховувати:

- обсяг зусиль, витрачених на побудову моделі, і наявність готових комп’ютерних програм;
- швидкість, із якою метод уловлює істотні зміни у поведінці ряду, наприклад раптове збільшення кута нахилу лінії тренду;
- незмінюваність первинних даних;
- повний обсяг даних про роботу в деяких сферах діяльності. Інколи тисячі рядів щомісяця потребують оновлення, тому невеликі витрати й швидкість у такому випадку мають першорядне значення;
- терміновість прогнозування.

### **13.2. Побудова комбінованого прогнозу**

Серед дослідників немає єдиної думки щодо існування найкращого методу прогнозування. Досвід застосування різноманітних підходів до прогнозування доводить, що кожен метод призводить до різних результатів навіть за спільної базової інформації. Отже, як правило, виходить кілька відмінних прогнозів одного економічного показника. Постає питання: чи можливо якимось чином скомбінувати прогнози, одержані різними методами, щоб побудувати узагальнений прогноз, який буде точнішим за індивідуальні?

Будь-який прогноз, відкинтий через його неоптимальність, майже завжди містить певну корисну незалежну інформацію. Така інформація може бути двосторонньою: по-перше, кожен прогноз ґрунтується на інформації, яка є специфічною саме для цього підходу, і тому не враховується в інших методах; по-друге, кожен прогноз відтворює певну форму взаємозв'язків між змінними, що відрізняється від зв'язків, досліджуваних в інших моделях. Об'єднання незалежно одержаних прогнозів дозволить залучити обидва види додаткової інформації. При цьому, якщо припустити, що кожна з моделей описує лише один бік розвитку заданого процесу, то використання кількох моделей зробить можливим точніший і повніший опис та прогнозування динаміки процесу в цілому. Така точка зору сприяла ідеї об'єднання прогнозів і формування на цій основі комбінованого або об'єданого прогнозу.

Об'єднання можна здійснювати як на підставі прогнозів, отриманих із різних джерел, наприклад, експертним шляхом і за допомогою моделей, так і із застосуванням прогнозів, побудованих за допомогою статистичних моделей одного класу.

Спосіб комбінування прогнозів, одержаних за статистичними моделями одного класу, породжує низку питань. Наприклад, які прогнози можуть об'єднуватися, якою має бути кількість прогнозів та процедура об'єднання тощо. Об'єднання прогнозів пов'язано з такими ускладненнями, як корельованість прогнозів, одержаних за різними моделями, властивість похибок прогнозу змінюватися із часом, зміщення комбінованого прогнозу тощо. Кожна з названих проблем потребує застосування спеціального підходу. Поки не розроблено єдиних правил, суб'єктивні судження дослідника є складовою прийняття рішення стосовно того, як комбінувати прогнози.

Як правило, при об'єднанні окремих варіантів комбінований прогноз  $\hat{y}_t$  визначають у вигляді зваженої суми окремих прогнозів:

$$\hat{y}_t = \sum_{i=1}^N b_i \hat{y}_{it}, \quad (13.6)$$

де  $\hat{y}_{it}$  –  $i$ -й окремий прогноз, одержаний для моменту часу  $t$ ;

$N$  – кількість окремих об'єднуваних прогнозів;

$b_i$  – вагові коефіцієнти окремих прогнозів.

$$0 \leq b_i \leq 1. \quad (13.7)$$

Сума всіх вагових коефіцієнтів повинна бути рівною одиниці, звідки окремі ваги мають перебувати в інтервалі від 0 до 1. Очевидно, що головна проблема, яка при цьому виникає, – визначення ваг  $b_i$ , оскільки саме вони визначатимуть якість об'єданого прогнозу. На практиці завжди прагнуть надати більшої ваги тому набору прогнозів, який містить менші за величиною середньоквадратичні похибки.

Існує багато способів визначення вагових коефіцієнтів, найвідомішими серед яких є два:

- дисперсійно-коваріаційний метод, що дає змогу зводити кілька прогнозів у лінійну комбінацію з найменшою дисперсією;

- регресійний метод.

При визначенні вагових коефіцієнтів дисперсійно-коваріаційним методом для двох прогнозів  $\hat{y}_{1t}$  і  $\hat{y}_{2t}$ , дисперсії яких  $\sigma_1^2$  та  $\sigma_2^2$ , виходять з мінімізації дисперсії похибки комбінованого прогнозу, тобто використовують квадратичну функцію відхилень.

У цьому випадку об'єднаний прогноз  $\hat{y}_t$  будується за формулою

$$\hat{y}_t = b \cdot \hat{y}_{1t} + (1-b) \hat{y}_{2t}. \quad (13.8)$$

Мінімізуючи дисперсію похибки комбінованого прогнозу, знаходять значення ваги  $b$ .

Процес визначення вагових коефіцієнтів за регресійним методом для комбінованого прогнозу з  $N$  часткових прогнозів можна розглядати як оцінювання параметрів регресійного рівняння виду

$$\hat{y}_t = b_0 + b_1 \hat{y}_{1t} + b_2 \hat{y}_{2t} + \dots + b_N \hat{y}_{Nt}. \quad (13.9)$$

Коефіцієнти  $b_i$  визначають за методом найменших квадратів.

### 13.3. Контроль прогнозу

Після складання прогнозу дуже важливо проводити постійну оцінку як його результатів, так і факторів, що впливають на можливі реальні відхилення. Одним із шляхів контролю прогнозів є застосування відслідковуючих сигналів.

*Трекінговий сигнал* – це показник, що дозволяє постійно відображати результат порівняння фактичних даних з прогнозними значеннями. Він розраховується як сума похибок прогнозу ( $\Sigma p_i$ ), поділена на середнє абсолютне відхилення ( $\bar{p}$ ):

$$\begin{aligned} \text{Трекінговий сигнал} &= \frac{\Sigma p_i}{\bar{p}} = \\ &= \frac{\sum ((\text{Фактичне значення показника в } i\text{-му періоді}) - (\text{прогноз в } i\text{-му періоді}))}{\text{середнє абсолютне відхилення}}. \end{aligned}$$

У цій формулі слід враховувати, що при розрахунку  $\bar{p}$  значення похибок беруться по модулю:

$$\bar{p} = \frac{\sum |p_i|}{n} = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i|}{n},$$

а при розрахунку  $\Sigma p_i$  – сумуються реальні додатні або від'ємні числа.

Позитивний трекінговий сигнал показує, що фактичне значення досліджуваного показника більше за прогнозне, а негативний сигнал - що реальне значення менше, ніж прогнозне. Оптимальною вважається ситуація, коли сума похибок прогнозу  $\Sigma p_i$  близька до 0 і містить як позитивні, так і негативні похибки. Це обумовлюється тим, що позитивні й негативні відхилення будуть збалансовувати одне одного, в результаті чого трекінговий сигнал прямуватиме до нуля.



Як приклад, у табл. 13.2 розглянуто випадок розрахунку трекінгового сигналу для даних за чотири періоди.

Таблиця 13.2 – Приклад розрахунку трекінгового сигналу

Період	Прогноз	Фактичне значення	Похибка (факт-прогноз)	Середнє абсолютне відхилення $\bar{p}$	$\Sigma p_i$	Трекінговий сигнал
1	100	90	-10=90-100	$10,0 = \frac{ -10 }{1}$	-10	$-1 = \frac{-10}{10}$
2	100	95	-5=95-100	$7,5 = \frac{ -10  +  -5 }{2}$	-15=-10+(-5)	$-2 = \frac{-15}{7,5}$
3	100	115	+15=115-100	$10,0 = \frac{ -10  +  -5  +  15 }{3}$	0=-10+(-5)+15	$0 = \frac{0}{10}$
4	110	122	+12=120-110	$10,5 = \frac{ -10  +  -5  +  15  +  12 }{4}$	12=-10+(-5)+15+12	$1,14 = \frac{12}{10,5}$

На практиці контроль трекінгового сигналу здійснюється з використанням наперед встановлених контрольних меж (рис. 13.1). Коли сигнал перетинає верхню або нижню межу, то це означає, що існує проблема з методом прогнозування і треба щось змінювати (наприклад, при застосуванні методу експоненціального згладжування, можливо, слід переглянути значення константи згладжування).

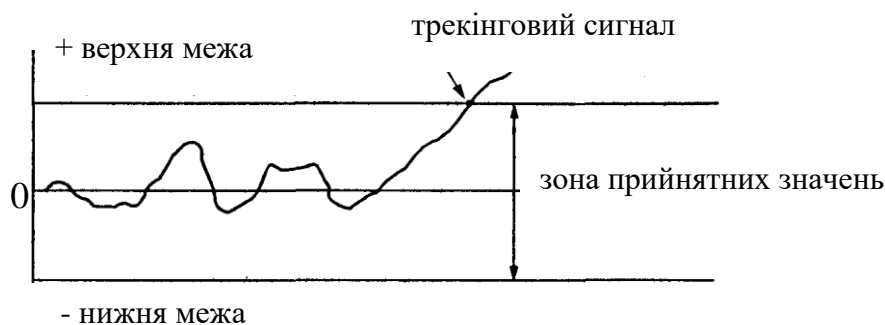


Рисунок 13.1 – Схема застосування трекінгового сигналу для контролю якості прогнозу

Єдиного підходу до встановлення конкретних значень меж не існує. З одного боку, межі не повинні бути вузькими, адже це приведе до необхідності реагувати на кожну незначну похибку прогнозу, з іншого – широкі межі не дозволять вчасно помітити негативну тенденцію. Залежно від умов у літературі рекомендуються приймати їх значення від 2 до 8.

## ТЕМА 14. МЕТОДИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО І СОЦІАЛЬНО-ПОЛІТИЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

- 14.1. Технологічне прогнозування
- 14.2. Метод морфологічного аналізу
- 14.3. Метод аналізу перехресного впливу
- 14.4. Соціально-політичне прогнозування

### 14.1. Технологічне прогнозування

Технологічне прогнозування виникло пізніше від економічного. Його необхідність обумовили серйозні зрушення в технології, що стрімко наростали.

Технологічне прогнозування, в першу чергу, має значення для підготовки стратегії досліджень і розробок виробничих підприємств (стратегічного плану науково-дослідних та конструкторських робіт). Технологічні прогнози використовуються для обґрунтування рішення про те, на яких технологіях підприємство повинно зосередитися, а від яких – відмовитися. Вони знаходять своє застосування також при короткостроковому плануванні для оцінки технології, що вже використовується. Ці прогнози дають змогу визначити можливість поточної технології і доцільність термінової її заміни.

В цілому сьогodнішню роль технологічного прогнозування можна визначити двома напрямками: по-перше, це передбачення можливих змін в технології і, по-друге, це уміння створювати нові потреби в покупців. Останнє полягає в підготовці споживачів до майбутніх змін, у збільшенні їх потреб, в ознайомленні і навчанні потенційних покупців нових товарів.

Технологічне прогнозування має найбільш важливе значення для підприємств, що є технологічними лідерами в галузі і націлені на подальше зростання. Разом з тим, виживання величезного числа сучасних вітчизняних підприємств пов'язано, в першу чергу, з переорієнтацією виробництва і пристосуванням його до ринкового попиту. А така переорієнтація практично неможлива без технологічної перебудови, переходу до нових прогресивних способів виробництва товарів. Тому фахівці з управління рекомендують створення технологічних прогнозів навіть для невеликих підприємств. Джерелами інформації для них можуть стати публікації в спеціальній літературі, інформація, надана постачальниками і великими клієнтами, т.п.

Як показує досвід ринкової економіки, технологічне прогнозування найбільш часто застосовується в комп'ютерній, телекомунікаційній, нафтохімічній, транспортній галузях. У технологічному прогнозуванні широко використовуються методи, які сформувалися в загальному економічному прогнозуванні: метод підготовки сценаріїв, експертні методи, методи екстраполяції трендів та інші.

Найбільш розповсюдженими є методи експертних оцінок. Вони використовуються для складання як пошукових, так і нормативних прогнозів. Екстраполяція трендів використовується у випадках прогнозування стабільних тенденцій розвитку на відносно короткі періоди часу. Важливою умовою

застосування цих методів є вибір критеріїв, за якими відслідковується основна тенденція.

Великої популярності у фірм, що займаються технологічним прогнозуванням, набули сценарії. Широко відомі стандартні сценарії, розроблені для генної інженерії, системи телекомунікацій, автомобілебудування, фармацевтичної промисловості, автоматизації домашнього господарства та багатьох інших.

Разом з тим для технологічного прогнозування характерні специфічні методи, зокрема морфологічний аналіз та аналіз перехресного впливу.

При виборі методів для технологічного прогнозування важливим критерієм є величина горизонту прогнозу. При цьому критично важливим є співставлення цієї величини з тривалістю циклу розвитку об'єкта прогнозу. За ймовірності в рамках прогнозного періоду стрибкоподібного розвитку об'єкта доцільно використовувати експертні методи прогнозування як для визначення характеру “стрибка”, так і для оцінки часу його настання. Формалізовані методи у цьому випадку можуть використовуватися лише для оцінки стабільних ділянок розвитку процесу до “стрибка” та після нього.

#### **14.2. Метод морфологічного аналізу**

Термін “морфологія” вживається в багатьох науках стосовно дослідження форм і структури об'єктів, що вивчаються. У прогнозуванні метод морфологічного аналізу був запропонований у 1969 р. швейцарським математиком і астрономом Фріцом Звіскі (Fritz Zwicky) для вивчення нових геометричних форм, яких можуть набувати новостворювані системи. Метод ґрунтується на застосуванні системного підходу і потребує ідентифікації так званих характерних параметрів  $P_i$ , де  $i = 1, \dots, k$  досліджуваних систем.

Сутність цього методу полягає у поділі будь-якої проблеми на відносно незалежні частини, а потім в здійсненні пошуку всіх можливих рішень для практичної реалізації кожної з частин. На першому етапі загальне число всіх можливих рішень дорівнює числу можливих комбінацій. Наприклад, якщо проблему можна розділити на чотири частини, і при цьому є три рішення для першої частини, чотири рішення для другої частини і по п'ять рішень для третьої і четвертої частин, то загальна кількість рішень для реалізації проблеми, що досліджується, складає  $3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 5 = 300$ . На практиці, враховуючи, що значна частина цих пропозицій буде практично нездійсненна, реальна кількість рішень буде меншою.

Всі частини проблеми і підходи до їх вирішення розміщуються у так званому “морфологічному ящику”, який умовно може бути зображений у вигляді матриці. В кожному рядку матриці записується частина проблеми, а в клітинках – всі альтернативні шляхи її вирішення.

Завдання експертів полягає в тому, щоб уважно вивчити всі підходи щодо вирішення кожної частини проблеми. На першому етапі слід відмовитись від явно неприйнятних шляхів вирішення, а потім методом послідовного виключення досягти такого становища, коли для розв'язання кожної частини проблеми залишається тільки один шлях (один напрямок, варіант, засіб).

Іншими словами, в кожному осередку “морфологічного ящика” буде міститися тільки одне можливе рішення, або “ящик” взагалі не буде його мати. Наявність двох або більше рішень вимагає нових пошуків.

Як приклад, можна навести випадок, коли в автомобільну галузь здійснюється інвестування з метою створення нового покоління автомобілів. Насамперед визначаються з групою характерних параметрів, які найбільшою мірою впливають на досягнення нових якостей створюваного автомобіля. Наприклад, важливими характерними параметрами визнано наступні блоки автомобіля:  $P_1$  – рухома частина (колеса та інше);  $P_2$  – система гальмування;  $P_3$  – двигун;  $P_4$  – система передач;  $P_5$  – комп’ютерна система керування;  $P_6$  – система електричного живлення.

Після формування сукупності характерних параметрів необхідно визначитися з множинами значень кожного з них або з так званими можливими морфологічними просторами. Наприклад, для характерного параметра “ $P_3$  – двигун” можливими є три варіанти рішення, тобто морфологічний простір має вигляд:

$M\{P_3\} = \{\text{внутрішнього згоряння; електричний; турбоелектричний}\}$ .

Загальний можливий морфологічний простір для системи, що створюється, визначається як декартів добуток можливих морфологічних просторів для всіх характерних параметрів

$$M\{\text{системи}\} = M\{P_1\} \times M\{P_2\} \times \dots \times M\{P_k\}.$$

Нехай для умовного автомобіля обрано наступну кількість характерних параметрів:  $P_1=2$ ;  $P_2=3$ ;  $P_3=3$ ;  $P_4=4$ ;  $P_5=4$ ;  $P_6=5$ . Тоді морфологічний простір будуть утворювати

$$2 \times 3 \times 3 \times 4 \times 4 \times 5 = 1440 \text{ можливих рішень.}$$

Із можливого морфологічного простору  $M\{\text{системи}\}$  виділяється так званий морфологічний простір реального досягання  $MRD\{\text{системи}\}$ , у якому в якості рішень залишаються лише ті елементи, що можуть бути реально досягнуті. Таким чином, розв’язання проблеми технологічного передбачення з застосуванням методу морфологічного аналізу досягається тоді, коли елементи можливих морфологічних просторів для різних характерних параметрів сумісні, тобто перетин цих просторів не є порожнім простором  $M\{\text{системи}\}$ .

Морфологічний аналіз дозволяє намітити можливі шляхи вирішення поставленого завдання, не нехтуючи жодним з них без детального аналізу. З низки альтернативних варіантів вибирається оптимальний за критеріями його важливості, можливості втілення та ін.

Застосування морфологічного методу ставить перед експертами завдання відмовитись від звичних стереотипів мислення і дає можливість максимально використати свою ерудицію та знання для генерування нових оригінальних ідей, які на перший погляд можуть видаватися парадоксальними.

У майбутньому прогнозі можуть бути використані:

- нові комбінації вже існуючих шляхів розвитку;
- зовсім нові технологічні ідеї, відкриті за допомогою морфологічного аналізу.

Приклад матриці морфологічного аналізу для виробництва будівельних блоків приведений в таблиці 14.1.

Таблиця 14.1 - Матриця для морфологічного аналізу

Параметричні характеристики	Альтернативні варіанти параметрів				
	1	2	3	4	Інші
А. Матеріал	Натуральна глина	Бетон	Пластик	Утилізовані відходи	
Б. Процес формування	Штампуння	Заливка	Пресування	Спікання	
В. Процес кріплення	Нагрівання	Застигання	Молекулярний	Хімічний	
Г. Особливі якості	Звуко-непроникність	Міцність	Еластичність	Екологічність	
Д. Форма	Прямокутна	Прямокутна	Блоки з елементами кріплення	Кубічна	

### 14.3. Метод аналізу перехресного впливу

Багато технічних досягнень можуть застосовуватися в різних галузях економіки (наприклад, лазери, мікропроцесори та ін.). Ці технології впливають на цілий ряд сфер господарської діяльності і в той же час самі підпадають під вплив інших технологій.

Як і в попередньому випадку, аналіз проводиться за допомогою спеціальної таблиці (табл. 14.2). В таблицю заносяться основні технологічні явища, які прямо зачіпають діяльність фірми. Потім дається первісний прогноз їх майбутнього стану (без врахування перехресного впливу). Далі виявляється перехресний вплив одних подій на інші. І нарешті, складається остаточний прогноз, що враховує можливість перехресного впливу.

Таблиця 14.2 – Ф орма для аналізу перехресного впливу

Явища в технології	Перспективний прогноз		Явища, які підпадають під вплив							Переглянутий прогноз	
	Час	Ймовірність	1	2	3	4	5	...n	Час	Ймовірність	
1			X								
2				X							
3					X						
4						X					
5							X				
...n								X			

X — неможливість перехресного впливу.

Характер впливу одного явища в технології на інше може бути визначений як позитивний, нейтральний або негативний. Інтенсивність впливу оцінюється за 10-бальною шкалою. Наприклад, відкриття можливості запису звуків за допомогою лазера істотно вплинуло на індустрію вінілових дисків. Характер впливу можна визначити як негативний, інтенсивність впливу – не менше 7 балів.

Метод аналізу перехресного впливу підвищує обґрунтованість і точність прогнозів. На практиці він часто застосовується в поєднанні з методом Дельфі.

#### **14.4. Соціально-політичне прогнозування**

Соціально-політичне прогнозування – історично наймолодша галузь передбачення майбутнього. У сучасній економіці виникнення соціально-політичного прогнозування пов'язано із серйозними змінами в цих сферах життя.

Прогнозування соціальних процесів здійснюється з метою передбачення демографічних процесів; доходів населення та оплати праці; бюджетів сімей, які розділяються за групами і складом; визначення рівня благополуччя населення; соціальної адаптації мігрантів; оцінки екологічної безпеки; шляхів, способів вирішення проблемних ситуацій; моделювання позитивної поведінки особистості в різних умовах соціального життя; напрямків сучасної соціальної роботи з різними цільовими групами та категоріями населення і т.д.

Політичне прогнозування спрямоване на дослідження (передбачення) перспектив конкретного політичного суб'єкта, політичної ситуації та політичного процесу загалом. Воно визначає основні напрями розвитку політики, відображає сукупність зовнішніх і внутрішніх зв'язків, залежностей між різноманітними сферами політичного життя. Внутріполітичне прогнозування охоплює всю внутрішню політику держави, а зовнішньополітичне прогнозування здійснює прогнози щодо суб'єктів, явищ і процесів у сфері міжнародних відносин і зовнішньої політики.

Методи соціально-політичного прогнозування, в основному, запозичені з двох, розглянутих раніше, галузей прогнозування: економічного і технологічного. У соціально-політичному прогнозуванні використовуються:

- сценарії;
- експертні методи (особливо метод Дельфі);
- кількісні методи моделювання, зокрема трендові (екстраполяційні), факторні, а також імітаційні та ігрові моделі;
- метод перехресного впливу;
- різні техніки маркетингових досліджень у сфері політичних і соціальних явищ;
- метод історичних аналогій (один із самих древніх методів прогнозування) і т.д.

Найперспективнішим методом наукового прогнозування в соціально-політичній сфері вважається метод моделювання. Серед методів експертних оцінок використовується один специфічний – опитування громадської думки, який набуває все більшого поширення як у нашій країні, так і за кордоном. Метою таких досліджень є визначення на базі вибіркового статистичного аналізу думки споживачів, виборців тощо. Це має як практичне значення (наприклад, коригування передвиборної кампанії відповідно до одержаного прогнозу стосовно можливих результатів голосування), так і наукове значення (аналіз чинників, які впливають на рішення людей, вивчення залежності між соціологічними характеристиками людей – вік, рівень освіти, стать, професія, рівень прибутку - та їхньою декларованою поведінкою в певних ситуаціях). Анкетні дослідження й опитування мають і суттєві обмеження. По-перше, вони суб'єктивні, оскільки передбачають інтерпретацію формальних даних. По-друге, вони створюють

штучну ситуацію, наближену до експерименту, хоча метою анкетних досліджень є встановлення істини в природних умовах.

Метод історичної аналогії передбачає порівняння в думках двох або більше соціальних чи політичних явищ, процесів з метою вивчення суттєвих рис одного з них на прикладах інших. У практиці політичної діяльності цей метод є досить ефективним у тих випадках, коли прогноз будується на основі пізнання законів функціонування соціально-політичних систем у звичайних для них умовах.

Поряд з зазначеними вище застосовуються особливі методи, розроблені спеціально для одержання соціально-політичних прогнозів, серед них – створення профілів суспільних цінностей, застосування матриці “ймовірність-вплив”.

Вперше техніка визначення профілів суспільних цінностей була застосована фахівцями підрозділу організаційного середовища американської компанії “Дженерал Електрик”.

Техніка визначення профілів передбачає:

1. Виділення пар протилежних ознак, які можуть охарактеризувати обраний об'єкт (таких, як “націоналізм-інтернаціоналізм”, “організація-індивід” і т.д.).

2. Оцінку пари по  $n$ -бальній шкалі. При цьому, якщо одна з пари ознак отримує оцінку  $m$ , то та, що залишилася – оцінку  $(n-m)$ ;

3. Занесення оцінки в таблицю профілів у виді вертикальної риски і з'єднання вертикальних рисок у єдиний контур (профіль). Отриманий результат (профіль) свідчить про тяжіння соціально-політичного середовища до тієї чи іншої системи цінностей.

Матриця “ймовірність-вплив” – це таблиця, в якій по горизонталі зазначається імовірність подій (яка зростає з ліва на право), а по вертикалі – ступінь їхнього впливу на аналізоване середовище (зменшення впливу відображається від верхніх секторів матриці до нижніх).

Необхідно зазначити, що жоден із розглянутих методів не може забезпечити однозначно високої надійності прогнозу. Тому на практиці зазвичай звертаються до комбінованих, комплексних методів. Такий підхід дає змогу усунути вади окремих методів і гарантувати більшу точність та надійність соціально-політичних прогнозів.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Макроекономічне прогнозування та його принципи. Національна економіка : навч. посіб. / [В. І. Мельникова, О. П. Мельникова, Т. В. Сідлярчук та ін.]. – 2-ге вид. перероб. та доп. – К. : Центр учбової літератури, 2012. – 248 с.
2. Кулявець В. О. Прогнозування соціально-економічних процесів: Навчальний посібник / В. О. Кулявець. – К.: Кондор, 2009. – 194 с.
3. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування : підручник / В. М. Геєць, Т. С. Клебанова, О. І. Чкерняк та ін. – 2-е вид., виправ. – Харків : ВД «ІНЖЕК», 2008. – 396 с.
4. Домарадзька Г. С. Прогнозування і макроекономічне планування : Навч. посібник / Г. С. Домарадзька, Т. М. Гладун, Р. В. Фещур. – Львів : «Магнолія – 2006», 2007. – 211 с.
5. Семяновський В. М. Прогнозування соціально-економічних процесів: Опорний конспект лекцій / В. М. Сумяновський. – К.: КНТЕУ, 2007. – 85 с.
6. Басовский Л. Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка : учеб. пособие / Л. Е. Басовский. – М. : ИНФРА – М, 2007. – 260 с.
7. Кузык Б. Н. Прогнозирование и стратегическое планирование социально-экономического развития / Б. Н. Кузык, В. И. Куш лин, Ю. В. Якове. – М.: ЗАО Изд-во «Экономика», 2006. – 427 с.
8. Планування та прогнозування в умовах ринку. – Навчальний посібник / під ред. д.ф.н., проф. В. Г. Воронкової. – К. : ВД «Професіонал», 2006. – 608 с.
9. Присенко Г. В. Прогнозування соціально-економічних процесів: навчальний посіб. / Г. В. Присенко, Є. І. Равікович – К. : КНЕУ, 2005. – 378 с.
10. Владимирова Л. П. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учеб. пособие / Л. П. Владимирова. – М.: Издательско-торговая корпорация “Дашков и К°”, 2005. – 400 с.
11. Пашута М. Т. Прогнозування та програмування економічного і соціального розвитку: Навч. Посіб / М. Т. Пашута. — К.: Центр навч. л-ри, 2005.
12. Мінченко М. В., Чижов Л. П., Фролков А. В. Планування та прогнозування соціально-економічного розвитку регіонів: Підручник / М. В. Мінченко., Л. П. Чижов., А. В. Фролков. – Суми: Університетська книга, 2004. – 442 с.
13. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов : навчальний посібник / В. Боровиков. – 2 изд. – СПб. : Питер, 2003 – 688 с.
14. Грабовецький Б. Є. Економічне прогнозування і планування : навчальний посібник / Б. Є. Грабовецький. – Київ : Центр навчальної літератури, 2003. – 188 с.
15. Костина Н. И., Алексеев А. А. Финансовое прогнозирование в экономических системах: Учеб. пособие для вузов / Н. И. Костина, А. А. Алексеев – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 285 с.
16. Царев В. В. Внутрифирменное планирование / В. В. Царев. – С-Пб.: Питер, 2002. – 496 с.
17. Клебанова Т.С. Методы прогнозирования : учебное пособие / Т.С. Клебанова, В.В. Иванов, Н.А. Дубовина. – Харьков : Изд. ХГЭУ, 2002. – 372 с.



18. Бестужев-Лада И. В., Наместникова Г. А. Социальное прогнозирование: – М.: Педагогическое общество России, 2002. – 392 с.
19. Глівенко С. В., Соколова М. О., Теліженко О. М. Економічне прогнозування / С. В. Глівенко., М. О. Соколова, О. М. Теліженко. – Суми: Університетська думка, 2001. – 207 с.
20. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування / А. М. Єріна. – К.: КНЕУ, 2001. – 170 с.
21. Сулим М. В. Основи роботи з пакетом MS Excel'97 / М. В. Сулим. – Львів: Коопосвіта, 2001. – 196 с.
22. Макроекономічне моделювання та короткострокове прогнозування / За ред. к.е.н. І. В. Крючкової. – Харків : Форт, 2000. – 336 с.
23. Галушак М. П., Кужда Т. І. Оцінювання соціально-економічних факторів інноваційного розвитку підприємства на основі прогнозування з інтервалом довіри / М. П. Галушак, Т. І. Кужда // Галицький економічний вісник. – Тернопіль: П.П. Созанський А.М., 2010. – № 2. – С. 102-108.
24. Галушак М. П., Галушак О. Я., Кужда Т. І. Оцінювання факторів інноваційного розвитку підприємств за допомогою кореляційно-регресійного підходу / М. П. Галушак, О. Я. Галушак., Т. І. Кужда // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка Серія: економіка. Зб. наук. праць. – Тернопіль: ТДПУ ім. В.Гнатюка, 2007. – № 21. – С. 160-163.
25. Кужда Т. Retail Sales forecasting with application the Multiple Regression // Соціально-економічні проблеми та держава. – Вип.1 (6). – 2012 . – С. 91-101  
Режим доступу: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2012/12ktibrm.pdf>.
26. Лиса О. І. Аналіз методів статистичного прогнозування соціально-економічних явищ / О. І. Лиса // Соц.-екон. пробл. сучас. періоду України. Пробл. розв. пром. вир-ва регіону: зб. наук. пр. – 2009. – Вип. 4. – С. 250-259.
27. G. Elliott., C. Granger., A. Timmermann Handbook of Economic Forecasting / Elliot G., Granger C., Timmermann A. – North Holland. – 2006. – p. 1070.
28. Michael P. Clements, David F. Hendry The Oxford Handbook of Economic Forecasting / Clements Michael P., Hendry David F. – Oxford University Press. – 2011. – p. 624.
29. Michael P. Clements, David F. Hendry A. Companion to Economic Forecasting / P. Clements Michael, F. David, A. Hendry. – Wiley. – 2002 – 616 p.
30. David F. Hendry, Neil R. Ericsson. Understanding Economic Forecasts / Hendry David F., Ericsson Neil R. – MIT Press. – 2003 – 225 p.
31. David E. Rapach, Mark E. Wohar Forecasting In The Presence Of Structural Breaks And Model Uncertainty / Rapach David E., Wohar Mark E. – Emerald Group Publishing. – 2008. – 661 p.
32. William A. Barnett. Nonlinear Econometric Modeling in Time Series: Proceedings of the Eleventh International Symposium in Economic Theory / William A. Barnett, David F. Hendry, Svend Hylleberg, Timo Teräsvirta, Dag Tjøstheim, Allan Würtz. – Cambridge University Press. – 2000. – 240 p.