

Б.С.ГРАБОВЕЦЬКИЙ

**ОСНОВИ
ЕКОНОМІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ**

Б.Є.Грабовецький

**ОСНОВИ
ЕКОНОМІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ**

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів економічних спеціальностей. Протокол № 2 від 25.09.2003р.

Рецензенти:

О.В. Мороз, доктор економічних наук, професор

І.В. Окоркова, кандидат економічних наук, доцент

Н.В. Вавілова, кандидат економічних наук, доцент

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Грабовецький Б.Є.

Г75 Основи економічного прогнозування: Навчальний посібник. –
Вінниця: ВНТУ, 2004.- 162 с.

В навчальному посібнику висвітлені теоретико-методологічні проблеми економічного прогнозування, роль і місце прогнозування в управлінні виробництвом. Описані основні методи прогнозування і генерування ідей, які використовуються в економічних досягненнях. Наведені приклади реалізації методів прогнозування в різних галузях народного господарства. Навчальний посібник може бути корисний студентам, аспірантам та викладачам економічних спеціальностей, керівникам підприємств та економічних служб, економістам, статистикам та консультантам.

УДК 346.51(075)

Зміст

Вступ.....	5
Розділ I Теоретичні і методологічні основи економічного прогнозування..	7
Глава 1 Зміст, предмет, метод і задачі курсу.....	7
1.1Зміст, основні поняття і предмет курсу.....	7
1.2Метод економічного прогнозування.....	10
1.3Класифікація методів прогнозування.....	12
Глава 2 Прогнозування в системі управління виробництвом.....	15
2.1 Прогнозування в системі планування виробництва.....	15
2.2 Прогнозування і економічний аналіз.....	18
2.3 Оцінювання якості прогнозу в процесі прийняття рішення.....	21
2.4 Альтернативи прогнозування.....	22
Розділ II Методи економічного прогнозування.....	25
Глава 3 Метод екстраполяції тенденції за одним часовим рядом.....	25
3.1 Прості методи екстраполяції тенденції.....	26
3.1.1 Екстраполяція на основі аналітичних показників рядів динаміки.....	26
3.1.2 Екстраполяція на основі плинної середньої.....	32
3.1.3 Екстраполяція на основі індексу сезонності.....	34
3.2 Екстраполяція трендів.....	37
3.2.1 Сутність методу.....	37
3.2.2 Вибір виду рівняння.....	43
3.2.3 Побудова прогнозу і оцінювання його якості. Довірчі інтервали.....	46
3.3 Прогнозування методом експоненціального згладжування....	52
3.3.1 Сутність методу.....	52
3.3.2 Розрахункові формули.....	53
Глава 4 Моделювання як метод прогнозування.....	65
4.1 Сутність і поняття моделювання як інструментарію прогнозування.....	65
4.2 Процес побудови економіко-статистичних моделей.....	68
4.2.1 Постановка проблеми, її теоретичне і логічне формулювання.....	69
4.2.2 Відбір системи показників моделі – результативних і факторіальних.....	70
4.2.3 Вибір і обґрунтування форми зв'язку.....	73
4.2.4 Розрахунок параметрів і характеристик моделі. Змістовна інтерпретація параметрів і характеристик моделі..	75
4.2.5 Оцінювання статистичної надійності моделі.....	78
4.2.6 Методи надання моделям статистичної надійності.....	81
4.2.7 Економічний аналіз і прогнозування на основі економіко-статистичних моделей.....	84

Глава 5. Експертні методи прогнозування.....	97
5.1 Сутність і різновиди експертних методів.....	97
5.2 Метод експертного оцінювання Дельфі.....	100
5.3 Відбір експертів.....	103
5.4 Організація і проведення експертного опитування.....	108
5.5 Визначення кількісних параметрів і показників експертного опитування.....	111
5.6 Оцінювання ступеня узгодженості думок.....	123
5.7 Аналіз результатів опитування експертів.....	130
Глава 6. Стислий огляд деяких методів прогнозування і генерування ідей.....	135
6.1 Методи прогнозування.....	135
6.1.1 Прогнозування по обвідних кривих.....	135
6.1.2 Побудова сценаріїв.....	137
6.1.3 Таблиця «витрати-випуск».....	140
6.1.4 Економічні індикатори та індекси.....	141
6.1.5 Метод анкетних обстежень.....	143
6.2 Методи генерування ідей.....	144
6.2.1 Метод «мозкової атаки».....	144
6.2.2 Метод морфологічного аналізу.....	147
6.2.3 Метод «синектика».....	148
Додатки.....	151
Література.....	160

Вступ

Сучасний світ живе в умовах великих змін. Ускладнились і посилились взаємозв'язки і взаємозалежності науки, техніки, економіки, соціальної сфери. Значно виріс динамізм розвитку всіх сторін суспільного життя, різноманітність альтернативних варіантів шляхів і засобів вирішення тих чи інших проблем.

Адаптація до швидких змін вимагає прийняття оперативних і ефективних рішень, постійного корегування того, що робиться і як це робиться. Однак тільки реагувати на проблеми, що виникають, означає постійно запізнюватись і, таким чином, значно ускладнити ситуацію. Чим складніші проблеми, тим більше часу потрібно на підготовку, обґрунтування і прийняття управлінських рішень. Час же тече неблаганно. Тому в момент прийняття рішень проблеми настільки змінюються і ускладнюються, що прийняті рішення вже, як правило, не відповідають ситуації, що склалася, а отже, неефективні. В підсумку відставання від реальної ситуації стає все сильніше і сильніше, а вал проблем постійно нарощується.

Щоб справитися з цими безпрецедентними у житті нинішніх поколінь змінами і зробити їх своїми союзниками, необхідно не стільки реагувати, скільки передбачати їх.

Один із "батьків" сучасного менеджменту А. Файоль відзначав: "Управляти - це передбачати", "передбачати - це уже майже діяти". *Savoir c'est prévoir!* (Знати - означає передбачати!).

Зазначені вислови відображають необхідність глибоких знань для передбачення імовірного розвитку подій у майбутньому.

Передбачення подій дозволяє завчасно підготуватися до них, скорегувати, наскільки це можливо, хід розвитку, контролювати їх, тобто підвищити гнучкість і адаптованість як окремої особи, так і будь-якої організації до зовнішнього середовища.

Якщо розвиток економічної науки уявити тримірним (минуле-теперішнє-майбутнє), то передбачення є його третім вимірником. Передбачення тісно зв'язано з випереджувальною функцією економічної науки — теоретичною і прикладною.

В останні десятиріччя все гостріше стала усвідомлюватися цінність передбачувальної функції економічної теорії, що обумовило необхідність розвитку третього виміру - економічного прогнозування. Неперервно зростаюча потреба в економічних прогнозах зробила останні одним із основних напрямків використання науки і техніки в управлінні виробництвом.

Бурхливий розвиток економічного прогнозування характерний для всіх розвинутих країн, особливо США і Японії. В США із всіх прикладних напрямків, що використовуються в економічній науці, прогнозування стало одним із головних. Причиною цього є необхідність розробки і

впровадження вдосконалених методів регулювання на всіх рівнях управління з урахуванням ситуацій, які неперервно змінюються.

Прогнозуванням, яке в США охопило всі сторони суспільного життя, займаються спеціальні фірми, підрозділи приватних компаній і урядових організацій, окремі особи.

Значна увага економічному прогнозуванню в останній час приділяється і в Україні, про що свідчить прийнятий Верховною Радою і підписаний Президентом Закон України "Про державне прогнозування і розробку програм економічного і соціального розвитку України".

Розробка надійних і ефективних прогнозів можлива тільки при наявності достатньо розробленого прогнозного інструментарію і оволодіння принципами його вмілого застосування.

Тому для спеціалістів, особливо менеджерів, стає важливим навчатися прогнозуванню, щоб оцінити майбутні зміни якомога точніше і по можливості з більшим великим випередженням, що в кінцевому рахунку дозволить швидше і ефективніше реагувати на них.

В запропонованому посібнику розглядаються теоретико - методологічні основи економічного прогнозування з метою познайомити і привернути увагу читача до питань, які визначають підходи до вивчення майбутнього, примусити задуматися над тим, на скільки у сучасному світі можна вивчити і розкрити перспективи розвитку в області економіки, навчити використовувати кількісні методи в розв'язанні прогнозних задач.

Зміст і структура посібника орієнтовані на послідовне викладання теоретичних і методологічних питань економічного прогнозування, основних методів побудови прогнозів. Теоретичні питання органічно пов'язані з практичними задачами економічного прогнозування.

Автор вважає недоречним занадто ускладнювати викладений в посібнику математичний апарат економічного прогнозування, виходячи з того, що сучасні обчислювальні засоби, виконуючи роль "чорного ящика", дозволяють швидко і оперативно проводити всі необхідні розрахунки.

Для спеціалістів, які займаються прикладними питаннями економічного прогнозування, важливо не стільки запам'ятати складні формули, скільки знати суть і зміст вихідних параметрів, переваги і недоліки окремих методів прогнозування і, що найважливіше, суть, змістовну природу досліджуваних процесів (явищ).

Теоретичні і методологічні питання, які викладені у посібнику, орієнтовані в основному на прогнозування мікроекономічних показників (мікрорівень), хоча багато положень можуть бути використані і на макрорівні. Методи і моделі прогнозування, які описані в главах 3,4,5 реалізовані на ЕОМ Спіріною. Т.А. за алгоритмами, розробленими автором. Вони використані при реалізації комплексів прогнозних задач для галузей промисловості, особливо цукрової, а також при проведенні маркетингових досліджень у приладобудуванні.

Розділ 1

Теоретичні і методологічні основи економічного прогнозування

Глава 1

Зміст, предмет, метод і завдання курсу

Як всяка самостійна наука економічне прогнозування є діалектичним взаємозв'язком: системи понять, категорій, термінів тощо; характеру предмета; методу пізнання, специфічних умов дослідження; цілі, які породжують наукові знання і яким ці знання служать; зв'язку з практикою як вихідним пунктом, вищою метою і критерієм істинності пізнання.

Отже, економічне прогнозування як наука має свій предмет дослідження, свій метод пізнання, свою систему понять і категорій, термінологію і т.д.

Основу науки складає предмет, а метод має вторинне підпорядкування по відношенню до предмета значення.

Між предметом і методом існує зв'язок: “що” і “як”.

1.1 Зміст, основні поняття і предмет курсу

Перед тим, як перейти до викладання основ курсу, слід дати визначення змісту окремих термінів, які у значній мірі використовуються в економічному прогнозуванні.

Прогноз – це ймовірне, аргументоване, науково обґрунтоване (тобто основане на системі фактів, доказів) судження про стан будь-якого об'єкта (процесу, явища) в визначений момент часу в майбутньому або альтернативних шляхах і термінах досягнення яких-небудь результатів.

Прогнозування (грец. prognosis – знання наперед) – це процес формування прогнозів на основі аналізу тенденцій і закономірності розвитку об'єкта.

Прогнозування зобов'язане, таким чином, відповісти на два питання: чого ймовірніше всього можна очікувати в майбутньому і яким чином потрібно впливати на умови, щоб досягнути заданої мети (стану).

Прогностика – це наука, яка вивчає закономірності процесу прогнозування. Предметом прогностики є дослідження законів і способів прогнозування.

В літературі нерідко зустрічається поняття, котрими замінюють поняття “прогнозування”: “передбачення” і “провіщення”.

Передбачення – це широке поняття, яке об'єднує всі різновиди отримання інформації про майбутнє. Воно ділиться на наукове, що засноване на знаннях закономірностей розвитку природи, суспільства, мислення, і ненаукове (інтуїтивне, повсякденне, релігійне).

В залежності від ступеня конкретності і характеру впливу на хід досліджених процесів розрізняють три види наукового передбачення:

гіпотезу, прогноз, план.

Гіпотеза характеризує наукове передбачення на загальнотеоретичному рівні. Гіпотеза, як правило, базується на якісних параметрах і відображає загальні закономірності зміни об'єктів в майбутньому.

Провіщення – це достовірне, побудоване на логічній послідовності, судження про стан будь-якого об'єкта (процесу чи явища) в майбутньому.

Поняття “провіщення” і “прогнозування” відрізняються один від одного ступенем достовірності оцінок майбутнього, а “передбачення” – більш широке родове поняття, яке поєднує в собі два вищеназваних поняття.

Таким чином, логічну формулу різних видів інформації про майбутнє (передбачення) можна записати таким чином: прогнозування – “імовірно буде”, - провіщення – “буде”.

В загальному виді практична робота зі складання прогнозу полягає в тому, щоб на основі наявної інформації про стан об'єкта в минулому (“передісторії”), тенденціях і закономірностях, що склалися, та з використанням необхідного інструментарія одержати інформацію про стан об'єкта (процесу, явища) в майбутньому.

Важливе теоретичне і практичне значення має науково обгрунтована типологія (класифікація) прогнозів, яка будується в залежності від різних критеріїв і ознак. До числа найбільш важливих з них відносяться: масштаб прогнозування, функції прогнозу, характер об'єкта та ін.

За масштабом прогнозування розрізняють макроекономічні прогнози (народногосподарський) і мікроекономічні прогнози (на рівні підприємств, об'єднань). Між поданими рівнями можна виділити і проміжні рівні, які виступають об'єктами прогнозування (міжгалузеві і галузеві прогнози, регіональні прогнози і прогнози окремих народногосподарських комплексів).

За періодом часу, на який складається прогноз, розрізняють оперативні (поточні) короткострокові, середньострокові, довгострокові і далекострочкові прогнози.

Оперативні прогнози (до одного місяця) пов'язані з оперативним управлінням і складаються на рівні вищої та середньої ланки управління.

Оперативні прогнози використовуються для прийняття оптимальних рішень в умовах, що склалися, без спроби, як правило, змінити ці умови. Невизначеність внаслідок короткострокового періоду часу незначна.

Методи, що використовуються для розробки оперативних прогнозів, повинні бути прості і недорогі.

Короткострокові прогнози (до 1 року) використовуються при розробці квартальних і річних планів.

Невизначеність тут на декілька пунктів вища в порівнянні з оперативним прогнозуванням. Особа, яка приймає рішення, може активно впливати на хід деяких процесів.

Середньострокові прогнози (до 3-х років) найчастіше складаються щорічно і уточнюються в кожному півріччі. На етапі середньострокового прогнозування розробляються прогнози оптимального розміщення ресурсів на основі попереднього прогнозування попиту, пропозиції і умов конкуренції. Середньостроковий прогноз враховує не тільки кількісні, а й якісні зміни.

Прогнози складаються з використанням декількох методів з подальшим вибором на основі прийнятих оцінок найбільш припустимого.

Довгостроковий прогноз (до 5-ти років) використовується для розробки стратегічних планів.

Для нього характерні використання комбінації кількісних і якісних методів прогнозування.

Далекострочкові прогнози (більш, ніж 5 років) складаються на перспективу. На цей період очікуються значні якісні зміни, і тому робляться лише загальні висновки про очікувану зміну.

Вказана градація прогнозів за часом є відносною і залежить від характеру об'єкта дослідження і мети даного прогнозу. Вона по суті близько пов'язана з періодичністю складання планових завдань.

За об'єктами дослідження розрізняють науково-технічні прогнози, економічні прогнози, демографічні прогнози, методологічні прогнози, соціальні прогнози, політичні прогнози, військові прогнози і т.д. Прогнозування в теперішній час охоплює всі галузі знань, всі сфери людської діяльності.

Згідно з назвою окремих галузей надаються найменування прогнозу.

За функціонально-методологічною ознакою прогнози поділяються на описні, досліджувальні, нормативні (цільові) і комплексні.

Описний прогноз містить лише кількісний опис ймовірних напрямів розвитку об'єкта. Результати такого прогнозу, як правило, не підтверджуються кількісними оцінками.

Досліджувальний (пошуковий) прогноз базується на інерційності системи, тобто на припущенні збереження закономірностей і тенденцій, що склались в "передісторії" і в прогнозованому періоді.

Такий прогноз ніби абстрагується від можливих радикальних змін ситуації.

Нормативний прогноз визначає шляхи і строки досягнення раніше намічених цілей. Ілюстрацією нормативного прогнозу може бути прогнозування шляхів та строків досягнення заданої урожайності або швидкості польоту літака.

Використаний для одного і того ж об'єкта нормативний і досліджувальний (пошуковий) прогноз дає, як правило, різні результати, що обумовлюється різними підходами: якщо в нормативному прогнозі оцінки прямують до своїх екстремальних значень, то пошукові прогнози виходять з усереднених величин динаміки розвитку.

Комплексний прогноз поєднує в собі елементи пошукового і нормативного прогнозів, що дає змогу багаторазово моделювати економічні об'єкти і зіставляти різні варіанти.

За частотою складання розрізняють неперервні і дискретні прогнози.

За формою результатів розрізняють детермінований, ймовірний і зміцняний прогнози.

За ступенем локалізації на осі часу розрізняють точкові та інтервальні прогнози. Якщо точковий прогноз визначає результати одним значенням, то інтервальний прогноз характеризує очікуване значення прогнозованого параметра в певних межах з тим, щоб принаймні одна величина в зазначених межах відповідала реальному значенню параметра.

За можливістю взаємодії на хід процесу розрізняють активні і пасивні прогнози.

Активний прогноз припускає можливість впливу на хід процесу через ряд опосередкованих факторів.

Пасивний прогноз практично виключає можливість впливу на хід процесу, хоча сприяє адаптації до нього.

В умовах ускладнення взаємодії окремих елементів народного господарства, динамізма усіх сторін суспільного життя стає необхідним розширення горизонту рішень, що приймаються. При виборі напрямків економічного розвитку доводиться стикатися з великою кількістю альтернативних варіантів, причому оцінювання їх та відбір оптимального рішення здійснюється в умовах невизначеності.

В задачу прогнозування головним чином і входить максимально можливе зменшення невизначеності в процесі прийняття рішень.

З поданого матеріалу можна зробити такий висновок: предметом курсу "Економічне прогнозування" є закономірності і тенденції розвитку економічних об'єктів (процесів, явищ) в минулому і стан їх в майбутньому, котрі необхідно досліджувати і пізнавати, а також способи розробки прогнозів і прийняття на їх основі оптимальних рішень.

1.2 Метод економічного курсу прогнозування

Метод є визначена сукупність дій, заходів, способів, операцій, що використовуються в певній послідовності для досягнення раніш встановлених цілей.

Вчення про метод наукового пізнання і практичного перетворення дійсності називається методологією.

Методологія економічного прогнозування нарівні зі специфічними прийомами конкретної науки (прогнозування) включає загальнонаукові, логіко-діалектичні і формально-логічні методи і категорії.

"Методологія", як загальне вчення про метод, не зводиться до простої сукупності ні окремих, ні загальних методів дослідження. При аналізі як окремих, так і більш загальних методів дослідження, вона вивчає

насамперед можливості та межі застосування цих методів у процесі вивчення та досягнення істини. Обґрунтованість і надійність прогнозів забезпечується в першу чергу розвитком методологічного апарату, досягненням теорії прогнозування.

Значення методології збільшується в зв'язку з все більш глибоким взаємопроникненням наук, "заплідненням" економічної науки, зокрема економічного прогнозування, методами суміжних наук, особливо методами математики.

Об'єктивний аналіз розвитку конкретних наук показує, що математика є свого роду універсальним "постачальником" спеціальних прийомів та методів пізнання. Її методи та апарат можуть бути застосовані в будь-яких галузях, в тому числі в економічному прогнозуванні. Переломлюючись через предмет досліджень, набуваючи його характерні риси і особливості, математичні методи стають спеціальними прийомами і знаходять свій конкретний вираз у системі певних наук.

Так, методи кореляції та регресії в чисті абстрактному вигляді - це математичні методи; в економічному прогнозуванні вони стають методами прогнозних досліджень.

Проникнення математичних знань в економічне прогнозування сприяє значному розширенню та, що не менш важливо, удосконаленню методичного апарату.

Коли мова йде про математизацію економічного прогнозування, то під цим розуміється не просто розширення обчислювальних можливостей з обробки початкових даних; в сучасному розумінні математизація науки проявляється в тому, що математичні методи повинні забезпечити пошук нових закономірностей та тенденцій, поглиблення досліджень об'єктів пізнання, пошук нових істин. Можна визначити три основні причини математизації знань. Перша причина полягає в розвитку та поглибленні конкретних наук, що приводить на якомусь етапі до необхідності залучення в широкому масштабі математичних методів. Друга причина криється в розвитку самої математики, в розширенні її меж та появи нових підрозділів і напрямків. В цьому випадку можна стверджувати про наміри математики перевірити свої ж теоретичні положення. І, нарешті, третя причина полягає в розвитку кібернетики, обчислювальної техніки, яка дозволяє реалізувати математичний апарат на реальних об'єктах і одночасно підвищувати надійність та точність розрахунків.

Необхідною умовою процесу математизації знань являється "готовність" до цього певної науки, тобто високий рівень та зрілість теоретичних основ, наявність понятійного апарату.

Процес математизації охоплює зараз і такі науки, які раніше вважались непридатними дослідженню математичними методами в силу їх надзвичайної складності, зокрема економіка. А в дійсності складність досліджень таких наук не тільки не виключає, а навпаки, передбачає

застосування точних абстрактних методів математики.

Достатньо високий рівень розвитку економічної теорії, помножений на прогрес прикладної математики та обчислювальної техніки сприяє розширенню та вдосконаленню методичного апарату економічного прогнозування. Застосування найбільш ефективних методів економічного прогнозування зі своєї сторони буде сприяти вирішенню багатьох складних проблем економічної науки та підвищенню її теоретичного рівня. Як показує досвід, значних результатів наука може досягти лише за допомогою нових методологічних прийомів.

Основними особливостями методу економічного прогнозування є:

- **системний підхід** - розглядає кожне економічне явище (процес, об'єкт) як систему, яка побудована з окремих елементів, що пов'язані між собою і забезпечують певні властивості явища. Вивчення і інтеграція певних ознак окремих елементів у єдине ціле в кінцевому рахунку дозволяє оцінити стан явища у майбутньому;
- **історичний підхід** - передбачає розглядати усі явища у динаміці, тобто у розвитку. Це означає, що кожний процес розглядається як рух від минулого до теперішнього, від теперішнього до майбутнього.
- **Тривимірність розвитку** (минуле – теперішнє - майбутнє) передбачає і певні взаємозв'язки: теперішнє є закономірний результат розвитку минулого; майбутній стан витікає із закономірностей і тенденції розвитку теперішнього. Дослідження минулого і теперішнього в економіці здійснюється за допомогою ретроспективного аналізу;
- **альтернативний підхід** - означає необхідність використання декількох методів при побудові прогнозів для вибору одного, найбільш прийнятного з точки зору прийнятих критеріїв;
- **диференційований підхід** до окремих об'єктів означає, що при побудові прогнозів слід враховувати специфічні особливості, які характерні для тих чи інших об'єктів;
- **нарешті, можливість широкого використання математичних методів, обчислювальної техніки і засобів зв'язку при побудові економічних прогнозів.**

1.3 Класифікація методів прогнозування

У попередньому параграфі зазначалося, що метод - це сукупність дій, прийомів, способів, операцій, які використовуються в певній послідовності для досягнення поставлених цілей.

У теперішній час за оцінкою спеціалістів нараховується більше 150 методів прогнозування, хоча реально на практиці використовується 15-20. Для вибору певного методу необхідна їх наукова класифікація. Пропонуються різні ознаки для класифікації економічних прогнозів. Зупинимося на трьох: ступінь формалізації, загальний принцип дій методів прогнозування і спосіб отримання початкової інформації.

На рис.1.1 показана класифікаційна схема методів прогнозування.



Рисунок 1.1- Класифікація методів прогнозування

За ступенем формалізації методи економічного прогнозування поділяються на інтуїтивні і формалізовані. Інтуїтивні методи використовуються у випадку неможливості кількісного оцінювання окремих явищ (процесів) або неможливості врахування багатьох факторів через складність об'єктів. Ці методи базуються на використанні експертних оцінок. З їх допомогою встановлюється ступінь складності і актуальності проблеми, визначаються основні цілі та критерії, виявляються найбільш важливі фактори і взаємозв'язок між ними, вибираються альтернативи, яким віддають найбільші переваги. Відомі в основному два види експертних оцінок : індивідуальні і колективні (групові).

Методи екстраполяції тенденції ґрунтуються на припущенні про незмінність факторів, які визначають розвиток об'єкта, що досліджується, і полягають в розповсюдженні закономірностей розвитку об'єкта в минулому на його майбутнє. Їх можна умовно поділити на прості та складні.

Перші базуються на використанні аналітичних показників динамічних рядів, другі - на використанні статистичних формул.

Складні методи екстраполяції тенденції у свою чергу можна поділити на трендові (аналітичні криві росту) і адаптивні.

Адаптивні методи прогнозування ґрунтуються на тому, що у процесі реалізації їх здійснюється обчислення послідовних у часі значень прогнозованого показника з врахуванням ступенів впливу попередніх рівнів. До них відносяться: методи експоненціального згладжування, метод гармонічних ваг, метод авторегресивних перетворень.

В основу аналітичних методів (кривих росту) прогнозування

гармонічних ваг, метод авторегресивних перетворень.

В основу аналітичних методів (кривих росту) прогнозування закладений принцип отримання за допомогою методу найменших квадратів оцінювання детермінованої компоненти, яка характеризує основну тенденцію.

Особливе місце у сучасному прогнозуванні займає статистичне моделювання - однофакторне і багатфакторне.

Крім цього методи прогнозування на основі статистичного моделювання можуть бути поділені на дві великі групи: прогнозування на основі поодиноких рівнянь регресії і прогнозування на основі системи рівнянь взаємопов'язаних рядів динаміки.

Сценарний метод прогнозування базується на застосуванні комплексу методів, включаючи експертні оцінки, трендові та інші.

Детальніше окремі методи будуть розглядатися у відповідних розділах посібника.

Глава 2

Прогнозування в системі управління виробництвом

Управління потрібно розглядати як ціленаправлений процес взаємодії або як об'єднання зусиль персоналу для досягнення поставленої мети.

Загальними функціями, які притаманні будь-якому управлінню економікою, є: планування, організація, регулювання (координація), контроль, облік, аналіз, мотивація.

В управлінні виробництвом головним процесом є прийняття рішень. Рішення – основа управління. Рішення можуть прийматися як в умовах визначеності, коли результат рішень відомий з повною визначеністю, так і в умовах невизначеності, коли результати далеко невідомі. В області економіки рішення, як правило, приймаються в умовах невизначеності.

Результати прийнятих управлінських рішень багато в чому залежать від інформації, якою володіє особа, що приймає рішення. Основним "постачальником" інформації для прийняття управлінських рішень, особливо перспективних, виступають плани. Планування – це центральна ланка управління. Формальне планування сприяє зниженню ризику при прийнятті рішень.

2.1 Прогнозування в системі планування виробництвом

План потрібно розглядати як формалізовані поетапні дії для досягнення поставленої мети. Ринкова економіка не тільки не заперечує, а навпаки, припускає розвиток і вдосконалення планування виробництва.

Загострення конкурентної боротьби, прагнення захопити якомога більшу частину ринку спонукало багато американських, японських і західноєвропейських компаній кардинально змінити внутрішньофірмове планування. На зміну фінансового (бюджетного) планування, що охоплює короткостроковий (не більше 1 року) період, в 60-70 роки почався перехід до середньострокового і стратегічного планування. Фірми почали орієнтуватися на нову функцію планування, що спрямована не в середину підприємства, а, з урахуванням вирішального впливу зовнішнього середовища, поза ним.

Між довгостроковим і стратегічним планування є суттєві відмінності. При довгостроковому плануванні виходять з "інерційності" процесів (явищ), що допомагає передбачити майбутнє шляхом простої екстраполяції тенденцій, що склалися внаслідок зміни основних економічних параметрів діяльності підприємства. Довгострокове планування, що ґрунтується на простій екстраполяції тенденцій, могло існувати в практиці внутрішньофірмового планування лише в умовах економіки, що постійно прогресує. Однак воно виявилось малоефективним в умовах впливу зовнішнього середовища, що динамічно змінюється, загострення конкурентної боротьби. Крім того, при побудові довгострокових планів виходили з того,

що в майбутньому результати діяльності підприємства обов'язково будуть кращі, або, в крайньому випадку, не гірші в порівнянні з минулим. В системі ж стратегічного планування названі вище умови не є обов'язковими. В першу чергу намагаються досліджувати перспективи підприємства, виявити тенденції і закономірності, а також ті ситуації, котрі можуть позитивно або, навпаки, негативно вплинути на результати діяльності підприємства.

Вносячи значні зміни в процес управління підприємствами, стратегічне планування методологічно орієнтовано на розробку засобів, що забезпечують стає довгострокове управління, знижують ризик прийняття невдалих стратегічних рішень. Стратегічне планування не ставить перед собою завдання намалювати чудову картину майбутнього, не пов'язаного з реальним життям (загострення конкурентної боротьби, глобалізація господарських зв'язків, диференціація попиту, бурхливий розвиток науки та техніки); його призначення полягає в тому, щоб зробити оперативні, поточні управлінські рішення обґрунтованими в умовах невизначеності і нестабільності зовнішнього середовища.

При розробці планів, і в першу чергу стратегічного плану, слід завжди оцінювати ймовірний характер розвитку зовнішніх факторів, вивчати процес зміни цінностей, мотивів поведінки та ін.

Стратегічне планування не підпорядковується бажаному результату, а саме виступає інструментом формулювання цілей.

Таким чином, в цілому відмінності між довгостроковим і стратегічним плануванням можна узагальнити таким чином: довгострокове планування ґрунтується на простій екстраполяції тенденцій; у відповідності зі стратегічним підходом виникає задача передбачення змін і завчасне пристосування до них.

Звідси випливає, що стратегічне планування базується на прогностичних оцінках, бо тільки прогноз дозволяє в значній мірі здійснювати таку важливу і необхідну функцію планування, як передбачення, що ґрунтується на науковому аналізі дійсності і передбачених тенденцій і процесів у майбутньому.

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

Прогноз - це своєрідна розвідка майбутнього з урахуванням досвіду минулого і теперішнього. Вивчення минулого і теперішнього 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 у все більшій мірі ґрунтуватися на висновках економічних прогнозів. Таким чином,

прогнози служать основним видом інформаційного забезпечення внутрішньofірмового планування.

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. На етапі попередньої підготовки число планів може бути більшим, головне вибрати з них три. Багатоваріантний план дає можливість чітко реагувати на зміни зовнішнього середовища, як на ті, що піддаються, так і на ті, що не піддаються контролю, і привчає персонал підприємства до найважливішої думки: не слід йти напролом там, де можливо і потрібно знайти обхідний маневр. Наявність плану дій за трьома головними ймовірними варіантами розвитку зводить до мінімуму невірні дії персоналу при різкому поліпшенні чи погіршенні обставин, особливо при виникненні надзвичайних умов.

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 всестороннього і обгрунтованого вибору того чи іншого шляху розвитку і прийняття оптимальних планових рішень. Науковий рівень прогнозування в значній мірі забезпечує обгрунтованість планів. Поєднання прогностичної діяльності з розробкою, обгрунтуванням та прийняттям рішень завжди притаманне передовим керівникам підприємств.

Прогнозування за своєю суттю є неперервним процесом. Сучасні фірми здійснюють дослідження ринків на підставі системи неперервного оброблення інформації. Це дозволяє вдосконалювати і уточнювати прогнози в умовах зовнішніх факторів, що постійно змінюються, нових даних і нових явищ, що з'являються в процесі виконання плану. Аналіз прогнозних досліджень в великих корпораціях показує їх багаторівневий характер, тобто послідовний перехід від визначення закономірностей розвитку загального рівня (макроекономічні прогнози) через галузеві прогнози до прогнозу економічних показників діяльності окремих фірм. Тільки такий підхід дозволяє обгрунтувати управлінські рішення на підставі прогнозних оцінок.

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

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 обгрунтованість.

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, припускає той чи інший ступінь зобов'язань

для тих, хто покликаний його виконувати як програму дій.

Прогноз не містить таких юридичних обов'язків для окремих суб'єктів господарської діяльності. Він не претендує на вираження суспільної згоди, а може відбивати точку зору дослідницького колективу і навіть окремого спеціаліста.

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.

Прогнозування покликано виконувати двосторонню задачу: з одного боку, базуючись на минулому і теперішньому, подати картину як близького так і далекого майбутнього, а з іншого боку, виробити основи сьогоденної діяльності з врахуванням 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.

Неоднаковий ступінь невизначеності використаної інформації про майбутнє визначає застосування різних способів, засобів, методів в плануванні і прогнозуванні. Якщо в плануванні перевага надається детермінованим методам, то в прогнозуванні - стохастичним

2.2 Прогнозування і економічний аналіз

Всі елементи управління знаходяться в неперервному взаємозв'язку, утворюючи замкнений цикл діяльності підприємства (рис. 2.1.)

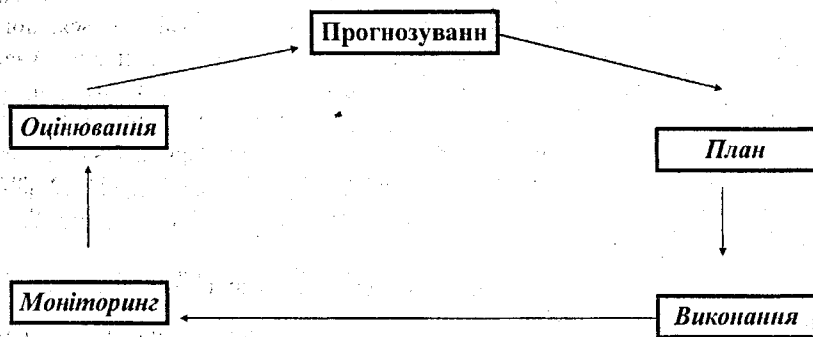


Рисунок 2.1- Цикл діяльності підприємства

У відповідності з наведеною схемою 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, по суті, і відображається неперервність процесу прогнозування.

Кожний управлінський акт складається з двох складових: аналітичної і конструктивної.

Економічне прогнозування тісно пов'язане з економічним аналізом. Дослідження розвитку прогнозованого об'єкта (процесу, явища) незмінно здійснюються за допомогою економічного аналізу, тобто аналіз є початковим пунктом складання прогнозу. За його допомогою розкриваються причинно-наслідкові відносини, формуються загальні гіпотези і концепції розвитку майбутнього, дається оцінка характеру впливу основних складових на процеси, що прогнозуються. Аналіз одночасно супроводжує прогнозування (корегування, уточнення вихідної інформації, вибір оптимального варіанту з множини альтернативних на підставі порівнювального аналізу). Отже, результати прогнозу служать інформаційною базою для проведення попереднього аналізу. Таким чином, економічний аналіз є одночасно відправним і заключним етапом процесу прогнозування. Прогностичні оцінки не тільки виходять з вивчення сутності процесу, але і збагачують і підкріплюють змістовну основу аналізу, роблять його більш вагомим, скорочують область невизначеності прогнозу.

Аналіз, що проводиться на підставі прогнозних оцінок, так званий прогнозний аналіз, в залежності від горизонту прогнозування може бути оперативним, короткостроковим, стратегічним.

Характер управлінських рішень, їх направленість значною мірою визначається тим, результатами якого аналізу – ретроспективного або перспективного (прогнозного) користується компетентна особа, що приймає рішення. Ретроспективний аналіз базується на інформації факту (оперативна, статистична, бухгалтерська та інші види обліку і звітності, дані спостережень, опитувань та ін.), тобто на об'єктивному відображенні вже завершених процесів. Це так званий діагностичний аналіз, який дозволяє виявити окремі "хвороби" підприємства, або, навпаки, оцінити досягнуті успіхи. І хоча ретроспективний аналіз в сутності теж повернений у майбутнє, опираючись на дані минулого, в ньому проявляється певна обмеженість, оскільки його висновки і пропозиції базуються на застарілих фактах і інерційності економічних явищ. Тому в управлінні виробництвом, перш за все в оперативному управлінні, результати ретроспективного аналізу використовуються головним чином для виправлення прорахунків чи недоліків, що були допущені в господарюванні, в урахуванні певних факторів і умов при складанні оперативних і поточних планів. На відміну від ретроспективного аналізу, прогнозний аналіз орієнтований на оцінювання майбутнього не за минулими фактами, а за показниками, які були спрогнозовані.

Тому прогнозному аналізу передусе власне сам прогноз об'єкта(процесу, явища), що досліджується.

В циклі діяльності підприємства (рис. 2.1) важливе значення належить етапу під назвою **“моніторинг”**. Соціально-економічний моніторинг - це організоване і системне спостереження за ходом і характером всіх змін в економіці. В теперішній час моніторинг необхідний не тільки на загальнодержавному, галузевому, регіональному рівні, але і на рівні підприємства. Його завдання – збір показників про стан ринку, економічну кон'юнктуру, функціонування господарських об'єктів. Передуючи етапу “оцінка”, моніторинг формує інформаційну базу для аналітично-прогностичних досліджень; на підставі останнього, шляхом оцінювання альтернативних варіантів, приймаються рішення щодо управління.

Аналітико - прогностичне забезпечення управлінських рішень займає в теперішній час центральне місце в стратегічному управлінні, про що свідчить досвід передових американських компаній. Останнім часом в самостійний напрямок виділяється аналіз зовнішнього середовища (сканування зовнішнього середовища). Сканування зовнішнього середовища в системі прогнозного аналізу означає збір, обробку, оцінювання і прогноз тих факторів зовнішнього середовища, які суттєвим чином можуть вплинути на результати діяльності підприємства. Сканування здійснюється такими шляхами:

- аналіз загальноекономічної ситуації – загальногосподарська кон'юнктура, кредитно-фінансові засади країни, інвестиційний клімат, валютно-фінансові умови та інші фактори;
- науково-технічний прогрес – поява технічних нововведень, корінні зміни в технології галузі, технологічні зрушення в суміжних областях і використання в цьому зв'язку нетрадиційних технологій;
- політична ситуація - політична стабільність, діюче законодавство, система державного регулювання економіки, оцінювання ризику вкладень, дії профспілкових організацій та ін.;
- аналіз культурних і демографічних факторів - структура споживання, смак та стиль життя населення, традиції та ін., а також можливі зрушення в названих областях.

В результаті дослідження повинні бути виявлені головні напрямки діяльності фірми, побудований прогноз, проведений на його основі стратегічний аналіз і складений стратегічний план, визначені ресурси, необхідні для його реалізації, що в кінцевому результаті повинно забезпечити фірмі перевагу над конкурентами.

Поряд зі складанням стратегічного плану важливу роль має прогностичний аналіз для оцінювання ходу виконання плану або динаміки окремих показників (рис.2.1., етап “оцінювання”).

Цей аналіз проводиться на підставі оперативних і короткострокових прогнозів і результати його це, так звана, сигнальна система, що

попереджує про настання і можливу появу небажаних тенденцій, ситуацій чи факторів, що перешкоджають успішній реалізації поставлених задач, і, таким чином, потребують від органів управління прийняття оперативних заходів для надання окремому процесу, наскільки це можливо, необхідної направленості, або хоча б пом'якшення небажаних тенденцій.

Такий аналіз тісно пов'язаний з такими функціями управління, як регулювання, контроль, організація, оперативне і поточне планування.

Наявність названого прогностичного аналізу сприяє збільшенню адаптованості підприємства до можливих змін, і на його основі розробляється ситуаційний план. Призначення такого плану – передбачити дії, які слід здійснити, якщо ситуація не відповідала прогнозам, що побудовані на попередньому етапі обґрунтування стратегічних і поточних планів. Ситуаційний план покликаний дати відповідь на питання: що станеться, якщо події будуть розвиватися не так, як очікувалось? Що доцільно зробити, щоб реалізувати такий план? Які “критичні моменти”, при яких доведеться приступити до здійснення ситуаційного плану і змінених стратегій?

Таким чином, дуже доцільно, щоб планування було гнучким, щоб з часом, в міру накопичення прогностичних оцінок, можливо було переглянути плани, що були складені раніше.

В цьому проявляється неперервність як планування, так і прогнозування.

2.3 Оцінювання якості прогнозу в процесі прийняття рішень¹⁾

В процесі прийняття рішень кожен спеціаліст бажає отримати найбільш прийнятний, найбільш “кращий” прогноз, вважаючи таким достовірний прогноз. І дійсно, на перший погляд, чим точніше збігаються прогностичні оцінки і реальна ситуація, тим, при інших рівних умовах, є можливість з більшою впевненістю досягти бажаних результатів.

Однак є дві обставини, які не відповідають наведеному критерію оцінювання прогнозу.

Перша обставина, не дуже важлива, полягає в тому, що достовірність прогнозу може бути оцінена тільки після завершення події. Наприклад, про точність прогнозу одержання прибутку за поточний рік можна буде робити висновки тільки після завершення прогностичного періоду, тобто на початку наступного року.

Друга і більш важлива за значенням обставина полягає в тому, що такий критерій оцінювання якості прогнозу ігнорує той підхід, за допомогою якого прогнози використовуються для прийняття рішення.

Розглянемо такі поняття як прогноз, що “самоздійснюється” або “самоанулюється”:

¹⁾ п.п 2.3. і 2.4. написані на підставі [13].

•прогноз що “самоздійснюється” – це такий прогноз, який стає достовірним лише тому, що був зроблений;

•прогноз що “самоанулюється” – це такий прогноз, який, навпаки, виявиться недостовірним лише тому, що він був зроблений.

Припустимо, що 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 потягне ріст цін, і інфляція таким чином неминуча. Це характерний приклад прогнозу, що “самоздійснюється”.

Інший випадок. Короткостроковий прогноз сповіщає 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 запобіжить або хоча б пом'якшить небажані наслідки, взявши під контроль ситуацію. І якщо ці дії своєчасні і ефективні, поставлені цілі будуть досягнуті, а прогноз в такому випадку виявиться недостовірним. Це характерний приклад прогнозу, що “самоанулюється”.

Спеціаліст, що приймає рішення, буде робити все можливе, щоб прогноз, який він вважає бажаним, був реалізованим. Якщо ж прогноз небажаний, то спеціаліст уживе всі заходи, щоб виключити або хоча б перешкодити наслідки його реалізації. Таким чином, в реалізації подій завжди будуть мати місце елементи або прогнозу що “самоздійснюється”, або що “самоанулюється”.

Чи можливо в прикладі прогнозу що “самоанулюється” стверджувати, що оскільки прогноз виявився недостовірним, а отже, і помилковим, він не має цінності для спеціаліста, що приймає рішення?

Але якщо ж прогнозу не існувало, спеціаліст не став би прикладати зусилля, щоб виключити небажані для себе розгортання подій, і наслідки в такому випадку були б вкрай негативні.

В протилежному випадку, якщо розгортання подій бажане, то спеціаліст своїми діями намагається всіляко досягти бажаного результату.

І в тому, і в іншому випадку спеціалісти виходили не з достовірності прогнозу, а з його корисності в процесі прийняття рішень.

Звідси випливає важливий висновок: не достовірність є критерієм якості прогнозу, а його корисність в прийнятті рішень. Корисність же прогнозу для цілей прийняття рішень залежить від логічної структури, що прийнята в прогнозі і якості використаної інформації.

2.4 Альтернативи прогнозування

Раніше відмічалось, що відсутність прогнозів негативно впливає на обґрунтованість планів, а отже і на ефективність управлінських рішень.

Розглянувши питання необхідності прогнозів, слід одночасно розглянути можливі альтернативи прогнозування. Зупинимось на деяких можливих варіантах.

Відсутність прогнозу. Цей варіант означає, що спеціаліст, який приймає рішення, діє “навмання”. За суттю рішення приймаються безвідносно майбутніх наслідків - сприятливих і несприятливих. Зовнішні умови практично не є стабільними, а рішення виходять з незмінності зовнішніх умов. Якщо ж зміни, як це нерідко буває, відбуваються швидко, динамічно, то наслідки прийнятих рішень не важко передбачити. Поняття “відсутність прогнозу” не слід сприймати буквально. Спеціаліст просто виходить з того, що зовнішні умови будуть постійні, чи змінюватись не в значній мірі.

Принцип “може трапитись все що завгодно”. В цьому випадку виходять з фатальності подій, тобто з того, що нічого неможливо вчинити, щоб вплинути на майбутнє в бажаному напрямку, а тому недоцільно передбачити майбутнє.

Всі фірми, що свою політику управління базують на цьому принципі, приречені на невдачу.

Принцип “славетне минуле”. Це консервативний підхід, надії на те, що принципи управління, які забезпечували значні досягнення у діяльності підприємств в минулому, будуть працювати і в майбутньому.

Пристрасть ідеалам “славетного минулого” і віра в те, що це “славетне минуле” неодмінно забезпечить “славетне майбутнє”, рано чи пізно приведе підприємство до фатальних наслідків, оскільки цей принцип не враховує динамізм суспільного розвитку.

Прогнозування крізь шори. Названий принцип характеризується такими поняттями, як “вище, швидше, далше” або “більше і краще”. Такий підхід, хоча і має перевагу над іншими альтернативами прогнозування, надмірно прямолінійний і не припускає можливі орієнтації в інші напрямки, використання інших, більш ефективних методів, а в кінцевому результаті може поставити підприємство в глухий кут.

Принцип “рішучих дій”. Цей принцип виходить з того, що прогнозувати не є доцільним, а діяти слід тоді, коли з'являються проблеми. Підприємство в таких випадках функціонує без добре осмисленої стратегії, що базується на прогнозах; тому розвиток проходить зигзагоподібно, міри приймаються в кризових ситуаціях, крім того в надії, що вистачить часу на їх розробку, обґрунтування та прийняття.

Такий спосіб управління, хоча і існує, навряд чи забезпечить підприємству стабільний розвиток, адаптацію до зовнішнього середовища, що постійно змінюється, посилення конкурентних можливостей.

Прогнозування за допомогою “генія”. Цей підхід не альтернатива прогнозуванню, оскільки він передбачає підготовку прогнозу. Суть цього підходу полягає в пошуку генія і одержання від нього інтуїтивного

прогнозу. Цим самим виключається використання раціональних і точних методів одержання прогнозів, і, якщо такі існують, то ними не можна зневажати.

Перевагою раціональних і точних методів прогнозування є те, що прогнози ґрунтуються на використанні загальноприйнятого інструментарію, доступні для вивчення і можуть бути перевірені будь-яким спеціалістом, що має відповідну підготовку.

Прогноз за допомогою "генія" повинен бути прийнятий на віру, і не може бути перевірений навіть іншим "генієм".

З поданого матеріалу слід зробити висновок: всілякі спроби замінити раціональні науково обґрунтовані прогнози інтуїтивними методами, вольовим підходом, нарешті, відмова від розробки і використання прогнозу в процесі прийняття рішень рано чи пізно приведуть до негативних результатів.

Розділ II

Методи економічного прогнозування

Глава 3

Метод екстраполяції тенденції за одним часовим рядом

Під тенденцією розуміють деякі загальні напрямки розвитку процесу (явища), довгострокову закономірність.

При прогнозуванні методами екстраполяції виходять з інерційності явищ (процесів), що досліджуються і прогнозуються.

Ступінь інерційності залежить від розміру і масштабу процесу, що вивчається. На мікрорівні вплив окремого фактора може миттєво змінити ситуацію, в той час, коли на макрорівні, через дії багатьох факторів, які здійснюють часом протилежний один одному вплив, інерційність зберігається у більшій мірі.

При значній інерційності економічних процесів (явищ), що досліджуються, можна з достатнім ступенем імовірності сподіватися, що закономірності, які виникли в “передісторії”, будуть з незначними змінами діяти і в прогнозованому періоді. Основу екстраполяційних методів прогнозування складають динамічні ряди. Є ряд способів перевірки гіпотези про існування тенденції у динамічному ряду.

Один з найпростіших методів базується на порівнянні середніх рівнів ряду. Для цього динамічний ряд розбивається на дві, приблизно рівні частини за кількістю елементів. Кожна частина розглядається умовно як самостійна сукупність. Якщо динамічний ряд має певну тенденцію, то середні, які обчислені для кожної сукупності, повинні суттєво розрізнятися між собою. Якщо ж розходження будуть незначними, тобто випадковими, то динамічний ряд тенденції не має.

Для оцінювання істотної відмінності між середніми значеннями двох динамічних рядів використовується t-критерій Стюдента.

Розходження буде істотним, якщо виконується умова $t_p \geq t_r$, де t_p - розрахункове значення t-критерія Стюдента ; t_r - табличне значення t-критерія Стюдента.

Розрахункове значення t-критерія обчислюється таким чином:

$$t_p = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}, \quad (3.1)$$

де $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$ - середнє значення рівня відповідно першої і другої частин ряду, розрахованих для інтервальних динамічних рядів як середнє арифметичне;

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}, \quad (3.2)$$

де n_1, n_2 - кількість елементів відповідно першої і другої частин ряду.

$S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}$ - стандартне відхилення;

S_1^2, S_2^2 - дисперсія відповідно першої і другої частин ряду.

$$S_1^2 = \frac{\sum (x - \bar{x}_1)^2}{n_1 - 1}; S_2^2 = \frac{\sum (x - \bar{x}_2)^2}{n_2 - 1}. \quad (3.3)$$

3.1 Прості методи екстраполяції тенденції

Прості методи прогнозування на основі екстраполяції тенденції використовуються в управлінні виробництвом, оскільки мають ряд переваг.

До переваг простих методів слід віднести:

- достатньо простий апарат дослідження, що привертає до нього широке коло спеціалістів;
- можливість використання для виконання розрахунків портативних і нескладних обчислювальних засобів;
- швидкість виконання розрахунків в оперативному режимі;
- наявність відносно невеликого масиву інформації.

Нижче наведені прості методи екстраполяції тенденції на основі застосування аналітичних показників динамічних рядів, плинної середньої та індексу сезонності.

3.1.1 Екстраполяція на основі аналітичних показників рядів динаміки

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

За часом, відображенням у динамічних рядах, вони поділяються на моментні і 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 приділити увагу на порівнянність рівнів ряду. Це значить, що усі рівні повинні виражатися в однакових одиницях вимірювання, розраховуватися за єдиною методологією, включати єдине коло об'єктів.

Позначивши:

y_1 – початкове значення рівня динамічного ряду;

y_n – кінцеве значення рівня динамічного ряду;

y_i – умовно прийнятий (і-тий) рівень динамічного ряду;

n – кількість елементів динамічного ряду,

наведемо основні аналітичні показники динамічного ряду, які використовуються в прогнозуванні.

1. Абсолютний приріст

1.1 Ланцюговий

$$\Delta y_i = y_i - y_{i-1}. \quad (3.4)$$

1.2 Базисний

$$\Delta y_i = y_i - y_1. \quad (3.5)$$

2. Середній абсолютний приріст

$$\bar{\Delta y} = \frac{y_n - y_1}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \Delta y_i}{n-1}. \quad (3.6)$$

3. Коефіцієнт росту

3.1. Ланцюговий

$$K_{li} = \frac{y_i}{y_{i-1}}. \quad (3.7)$$

3.2. Базисний

$$K_{pi} = \frac{y_i}{y_1}. \quad (3.8)$$

3.3 За весь період

$$K_{ln} = \frac{y_n}{y_1}. \quad (3.9)$$

4. Коефіцієнт приросту

$$K_{np} = k_p - 1. \quad (3.10)$$

5. Середній коефіцієнт росту

$$\bar{k}_{np} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}}. \quad (3.11)$$

6. Середній коефіцієнт приросту

$$\bar{k}_{np} = \bar{k}_p - 1. \quad (3.12)$$

7. Абсолютний розмір 1% приросту

7.1. Ланцюговий

$$\Delta y_{i\%} = \frac{y_i - y_{i-1}}{\frac{y_i - y_{i-1}}{100} \cdot y_{i-1}} = \frac{y_{i-1}}{100}. \quad (3.13)$$

7.2. За весь період

$$\bar{\Delta y}_{i\%} = \frac{\bar{\Delta y}}{\bar{k}_{np}}. \quad (3.14)$$

8. Коефіцієнт випередження (відставання)

$$k = \frac{y_i}{y_{i-1}} : \frac{x_i}{x_{i-1}}. \quad (3.15)$$

Добуток ланцюгових коефіцієнтів росту дорівнює базисному коефіцієнту росту за весь період, тобто

$$K'_{p_1} \cdot k'_{p_2} \cdot k'_{p_3} \dots k'_{p_n} = k_{p_n}, \quad (3.16)$$

що може бути доведено таким чином.

Нехай маємо динамічний ряд за 5 років та рівень показника за базисний рік, що передує рокам п'ятирічки (y_0). Добуток ланцюгових коефіцієнтів росту складе

$$\frac{y_1}{y_0} \cdot \frac{y_2}{y_1} \cdot \frac{y_3}{y_2} \cdot \frac{y_4}{y_3} \cdot \frac{y_5}{y_4} = \frac{y_5}{y_0},$$

тобто підтверджується залежність (3.16)

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

$$\hat{y}_{n+1} = y_n + \Delta y_n; \quad \Delta y_n = y_n - y_{n-1}; \quad (3.17)$$

$$\hat{y}_{n+T} = y_n + \bar{\Delta y} \cdot T; \quad (3.18)$$

$$\hat{y}_{n+1} = y_n \cdot k_{p_n}; \quad k_{p_n} = \frac{y_n}{y_{n-1}}; \quad (3.19)$$

$$\hat{y}_{n+T} = y_n \cdot \bar{k}_p^T. \quad (3.20)$$

де $\hat{y}$ – тут і далі так позначаються прогнозні значення показника.

T – величина горизонту прогнозу ($T=1;2;3\dots$).

Практичне застосування зазначених залежностей покажемо на прикладах.

Приклад 1.

В табл. 3.1 наведені дані про середнє споживання кондитерських виробів на одну людину по області за рік. Використовуючи залежності (3,18 та 3,20), побудуємо прогноз споживання кондитерських виробів на наступну п'ятирічку.

Таблиця 3.1-Середньорічне споживання кондитерських виробів по області

Рік, t	Споживання кондитерських виробів на одну людину в рік, кг.	Рік, t.	Споживання кондитерських виробів на одну людину в рік, кг.
1	10,7	7	15,9
2	11,5	8	17,2
3	12,2	9	18,1
4	13,4	10	19,8
5	15,0	11	21,2
6	15,0		

В табл. 3.1 наведені дані двох п'ятирічок та базисного року.

Остаточню про якість прогнозу можна судити лише після того, як подія відбулася. Щоб оцінити надійність застосованого методу, використовуються, так званий, метод «прогноз експост». Суть його в тому, що початкові дані діляться на дві частини (два періоди): $1 \div k$ і $(k+1) \div n$. За даними першої частини, умовно прийнятої за «передісторію», будується рівняння (модель), на базі якої складається прогноз для другої частини (другого періоду), результати якого потім порівнюються з фактичними даними. Такий підхід застосовується і для інших кількісних методів прогнозування.

Використовуючи дані перших шести років – базисний рік та роки першої п'ятирічки, розрахуємо відповідно:

Середній абсолютний приріст

$$\bar{\Delta y} = \frac{y_k - y_0}{k-1} = \frac{15,0 - 10,7}{6-1} = \frac{4,3}{5} = 0,9 \text{ кг.}$$

Середньорічний коефіцієнт росту

$$\bar{k}_p = \sqrt[k]{\frac{y_k}{y_1}} = \sqrt[6]{\frac{15,0}{10,7}} = \sqrt[6]{1,40} = 1,07.$$

На основі залежності (3.18) складемо прогноз споживання кондитерських виробів на період $(k+1) \div n$

$$\hat{y}_{k+1} = 15 + 0,9 \cdot 1 = 15,9 \text{ кг}; \quad \hat{y}_{k+2} = 15 + 0,9 \cdot 2 = 16,8 \text{ кг}; \quad \hat{y}_{k+3} = 15 + 0,9 \cdot 3 = 17,7 \text{ кг};$$

$$\hat{y}_{k+4} = 15 + 0,9 \cdot 4 = 18,6 \text{ кг}; \quad \hat{y}_{k+5} = 15 + 0,9 \cdot 5 = 19,5 \text{ кг}.$$

Результати розрахунків зведені в таблицю та порівняні з фактичними даними.

Таблиця 3.2-Оцінювання якості прогнозу, складеного на основі середнього абсолютного приросту

Рік, t	Фактичне значення, кг	Прогнозоване значення, кг	Відхилення	
			абсолютне (гр2-гр3), кг	відносне (гр4:гр2)10 0%
1	2	3	4	5
1	15,9	15,9	0	0
2	17,2	16,8	0,4	2,3
3	18,1	17,7	0,4	2,2
4	19,8	18,6	1,2	6,1
5	21,2	19,5	1,7	8
Середнє значення		---	0,7	3,7

Складемо прогноз споживання кондитерських виробів на основі залежності (3.20)

$$\hat{y}_{k+1} = 15 \cdot 1,07^1 = 16 \text{ кг}; \quad \hat{y}_{k+2} = 15 \cdot 1,07^2 = 17,2 \text{ кг}; \quad \hat{y}_{k+3} = 15 \cdot 1,07^3 = 18,4 \text{ кг};$$

$$\hat{y}_{k+4} = 15 \cdot 1,07^4 = 19,7 \text{ кг}; \quad \hat{y}_{k+5} = 15 \cdot 1,07^5 = 21 \text{ кг}.$$

Результати прогнозу порівняні із фактичними даними та оцінена якість прогнозу (табл.3.3)

Таблиця 3.3 - Оцінювання якості прогнозу, складеного на основі середньорічного коефіцієнта росту

Рік, t	Фактичне значення, кг	Прогнозоване значення, кг	Відхилення	
			абсолютне (гр2-гр3), кг	відносне (гр4:гр2)100 %
1	2	3	4	5
1	15,9	16	-0,1	-0,6
2	17,2	17,2	0	0
3	18,2	18,4	-0,3	-1,7
4	19,8	19,7	0,1	0,5
5	21,2	21	0,2	0,9
Середнє значення		---	0,1	0,7

Порівнюючи результати прогнозів, поданих в табл.3.2 та табл. 3.3, можна зробити висновок про те, що використання середньорічного коефіцієнта росту забезпечує більш високу точність прогнозу, про що свідчать відхилення за всі роки і в цілому за п'ятиріччя.

Для складання прогнозу за межі наявних даних, тобто на перспективу, розрахуємо середньорічний коефіцієнт росту на основі другої п'ятирічки з використанням базисного періоду

$$\bar{k}_p = \sqrt[5]{\frac{21,2}{15,0}} = \sqrt[5]{1,413} = 1,071.$$

Прогноз споживання кондитерських виробів на наступне п'ятиріччя складе: $\hat{y}_{n+1} = 21,2 \cdot 1,071^1 = 22,7 \text{ кг}; \quad \hat{y}_{n+2} = 21,2 \cdot 1,071^2 = 24,3 \text{ кг};$
 $\hat{y}_{n+3} = 21,2 \cdot 1,071^3 = 26,0 \text{ кг}; \quad \hat{y}_{n+4} = 21,2 \cdot 1,071^4 = 28 \text{ кг}; \quad \hat{y}_{n+5} = 21,2 \cdot 1,071^5 = 29,9 \text{ кг}.$

Прогноз споживання кондитерських виробів складено з врахуванням зберігання тенденцій, які склалися в “передісторії”.

Суттєвим недоліком показників середнього абсолютного приросту та середнього 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, що буде розглянуто у наступному параграфі.

Приклад 2

В управлінні бурякоцукровим виробництвом дуже важливе об'єктивне оцінювання очікуваних урожайності та цукристості буряку, на основі яких визначається валовий збір буряку та обсяг виготовленого цукру. Першочергове значення мають короткострокові прогнози показників, що орієнтовані на поточний виробничий рік, який охоплює приблизно період вересень-січень. В основу розрахунків середньої урожайності буряку та середньої цукристості заготовленого буряку покладені значення вказаних показників за станом на перше жовтня.

Для одержання названих показників у агропромисловому комплексі щодавно робиться оцінювання маси кореня (з 1 липня по 1 жовтня) та цукристості буряку (з 20 липня по 1 жовтня). Задача полягає у тому, щоб на основі одержаних даних, оцінити значення цих показників за станом на 1 жовтня.

З множини методів, які рекомендовані для оцінювання зазначених показників на 1 жовтня, найбільш простий та доступний – це використання значень приросту буряку між суміжними декадами. Для розрахунку приросту використовуються середні значення маси кореня на кожному декаду, яка визначається за формулою:

$$\bar{p}_i = \frac{\sum_j p_{ij} s_j m_j}{\sum_j s_j m_j}, \quad (3.21)$$

де $\bar{p}_i$ - середнє значення маси кореня на i -у декаду;

p_{ij} - маса кореня в i -у декаду j -го року;

s_j - площа посіву j -го року;

m_j - густота насадження коренеплодів за станом на 20 серпня j -го року.

Прирости розраховуються за формулою (3.4), тобто:

$$\Delta \bar{p}_1 = \bar{p}_{10.07} - \bar{p}_{1.07}; \Delta \bar{p}_2 = \bar{p}_{20.07} - \bar{p}_{10.07}; \Delta \bar{p}_3 = \bar{p}_{1.08} - \bar{p}_{20.07}; \dots; \Delta \bar{p}_9 = \bar{p}_{1.10} - \bar{p}_{20.09}.$$

В табл. 3.4 наведені дані про абсолютні прирости маси кореня, які розраховані на основі середніх значень маси кореня за 10 років. **Таблиця 3.4-Абсолютні прирости маси кореня (г) по Вінницькому облбурякоцукропрому**

$\Delta \bar{p}_1 = \bar{p}_{10.07} - \bar{p}_{1.07}$	$\Delta \bar{p}_2 = \bar{p}_{20.07} - \bar{p}_{10.07}$	$\Delta \bar{p}_3 = \bar{p}_{1.08} - \bar{p}_{20.07}$
39	46	54
$\Delta \bar{p}_4 = \bar{p}_{10.08} - \bar{p}_{1.08}$	$\Delta \bar{p}_5 = \bar{p}_{20.08} - \bar{p}_{10.08}$	$\Delta \bar{p}_6 = \bar{p}_{1.09} - \bar{p}_{20.08}$
55	50	42
$\Delta \bar{p}_7 = \bar{p}_{10.09} - \bar{p}_{1.09}$	$\Delta \bar{p}_8 = \bar{p}_{20.09} - \bar{p}_{1.09}$	$\Delta \bar{p}_9 = \bar{p}_{1.10} - \bar{p}_{20.09}$
33	24	14

Отримавши дані про масу кореня за станом на 1.07, можна, використовуючи показники табл. 3.4, визначити очікуване значення названого показника за станом на 1.10

$$\bar{P}_{1,10} = P_{1,07} + (\Delta\bar{P}_1 + \Delta\bar{P}_2 + \Delta\bar{P}_3 + \Delta\bar{P}_4 + \Delta\bar{P}_5 + \Delta\bar{P}_6 + \Delta\bar{P}_7 + \Delta\bar{P}_8 + \Delta\bar{P}_9). \quad (3.22)$$

Якщо надходить інформація за наступні декади, то розрахунки виконуються таким чином:

$$\bar{P}_{1,10} = P_{1,07} + (\Delta\bar{P}_2 + \Delta\bar{P}_3 + \Delta\bar{P}_4 + \Delta\bar{P}_5 + \Delta\bar{P}_6 + \Delta\bar{P}_7 + \Delta\bar{P}_8 + \Delta\bar{P}_9);$$

$$\bar{P}_{1,10} = P_{20,07} + (\Delta\bar{P}_3 + \Delta\bar{P}_4 + \Delta\bar{P}_5 + \Delta\bar{P}_6 + \Delta\bar{P}_7 + \Delta\bar{P}_8 + \Delta\bar{P}_9). \quad \text{і т.д.}$$

Припустимо, за станом на 1.07 поточного року маса кореня становила 25г. Тоді очікувана маса кореня за станом на 1.10 становить

$$\bar{P} = 25 + (39 + 46 + 54 + 55 + 50 + 42 + 33 + 24 + 14) = 382\text{г.}$$

В табл. 3.5 наведені результати послідовних прогнозів на основі застосування абсолютних приростів.

Таблиця 3.5-Результати прогнозу маси кореня по Вінницькому облбурякоцукропрому

За станом на:	Маса кореня, г.									
на:	1.07	10.07	20.07	1.08	10.08	20.08	1.09	10.09	20.09	1.10
1.07	25	64	110	164	219	269	311	344	368	382
10.07	25	64	110	164	219	269	311	344	368	382
20.07	25	64	111	165	220	269	312	345	369	382
1.08	25	64	111	161	216	266	308	341	365	379
10.08	25	64	111	161	212	262	305	337	361	375
20.08	25	64	111	161	212	257	300	332	356	370
1.09	25	64	111	161	212	257	297	330	354	367
10.09	25	64	111	161	212	257	297	336	360	373
20.09	25	64	111	161	212	257	297	336	363	376
1.10	25	64	111	161	212	257	297	336	363	376

Примітка. Над рискою табл. 3.5 подані прогнозовані значення, під рискою – фактичні.

Результати прогнозу достатньо точні. Враховуючи, що фактичне значення маси кореня за станом на 1.10 дорівнює 376г, то розходження по тій, чи іншій бік становило від 376-382=-6г, або 1,6%, до 376-367=9г, або 2,4%.

За таким ж самим методом прогнозується цукристість буряку.

Слід відмітити, що прогнозування найважливіших показників бурякоцукрового виробництва було реалізовано на ЕОМ і функціонувало у реальному режимі часу для Вінницького облбурякоцукропрому і Укрбурякоцукропрому протягом тривалого часу.

3.1.2 Екстраполяція на основі плинної середньої

Метод плинної середньої базується на використанні залежності:

$$\Delta x_{t+1} = \lambda_t x_t + \lambda_{t-1} \Delta x_{t-1} + \lambda_{t-2} \Delta x_{t-2} + \dots + \lambda_{t-(n-1)} \Delta x_{t-(n-1)}, \quad (3.23)$$

де n – кількість років “передісторії”.

Коефіцієнт λ_i розраховується за формулою

$$\lambda_i = \frac{i \cdot \beta}{n} \quad (3.24)$$

де i – число, яке означає послідовний натуральний ряд “передісторії”, починаючи з останнього; β – визначається за таблицею, поданою нижче:

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

Визначимо значення λ для п’ятирічки.

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

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

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

Якщо підставити розраховані значення λ у формулу (3.23), отримаємо:

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

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

Прогнозні значення показників розраховуються таким чином:

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

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

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

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

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

На підставі даних другої п’ятирічки, включаючи також базисний період (табл.3.1) складемо прогноз споживання кондитерських виробів на основі методу плинної середньої. Розрахуємо абсолютні прирости

$$\Delta x_t = 21,2 - 19,8 = 1,4; \quad \Delta x_{t-1} = 19,8 - 18,1 = 1,7; \quad \Delta x_{t-2} = 18,1 - 17,2 = 0,9;$$

$$\Delta x_{t-3} = 17,2 - 15,9 = 1,3; \quad \Delta x_{t-4} = 15,9 - 15,0 = 0,9.$$

Виходячи з наведених вище залежностей

$$\hat{x}_{t+1} = 21,2 + 0,333 \cdot 1,4 + 0,267 \cdot 1,7 + 0,200 \cdot 0,9 + 0,133 \cdot 1,3 + 0,067 \cdot 0,9 = 22,5 \text{ кг};$$

$$\hat{x}_{t+2} = 22,5 + 0,333 \cdot 1,4 + 0,267 \cdot 1,7 + 0,200 \cdot 0,9 + 0,133 \cdot 1,3 = 23,8 \text{ кг};$$

$$\hat{x}_{t+3} = 23,8 + 0,333 \cdot 1,4 + 0,267 \cdot 1,7 + 0,200 \cdot 0,9 = 24,9 \text{ кг};$$

$$\hat{x}_{t+4} = 24,9 + 0,333 \cdot 1,4 + 0,267 \cdot 1,7 = 25,8 \text{ кг};$$

$$\hat{x}_{t+5} = 25,8 + 0,333 \cdot 1,4 = 26,3 \text{ кг}.$$

Порівняємо розрахунки прогнозу споживання кондитерських виробів на одну людину по області що розраховані на основі середньорічного коефіцієнта росту і плинної середньої (табл.3.6)

Таблиця 3.6 - Прогноз споживання кондитерських виробів на наступну п'ятирічку, розрахований двома методами, кг.

Роки	Результати прогнозу, що розраховані на основі:	
	середнього коефіцієнта росту, кг	плинної середньої, кг
1	22,7	22,5
2	24,3	23,8
3	26,0	24,9
4	28,0	25,8
5	29,9	26,3

Дані табл. 3.6 свідчать про те, що прогноз, складений на основі середньорічних коефіцієнтів росту, за результатами дещо випереджає прогноз, складений за методом плинної середньої.

Який прогноз виявиться точнішим, зробити висновки заздалегідь важко. Разом з тим перевага методу плинної середньої є те, що на значення прогнозованих показників впливають в тій чи іншій мірі усі дані "передісторії", в той час, коли значення середньорічного коефіцієнта росту визначається тільки крайніми величинами динамічного ряду.

Наявність альтернативних варіантів прогнозу дозволяє спеціалістам на основі досвіду, знання, інтуїції відібрати найбільш прийнятний.

3.1.3 Екстраполяція на основі індексу сезонності

В процесі господарської діяльності окремі галузі промисловості, торгівля, побут стикаються з циклічними коливаннями, які викликані сезонним характером виробництва та споживання товарів та 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.

Для вивчення сезонних коливань використовуються спеціальні показники, які називаються індексами сезонності, а сукупність їх утворює сезонну хвилю. За даними, які характеризують обсяг реалізації продукції хлібозаводами об'єднання (табл. 3.7), розрахуємо індекси сезонності, побудуємо сезонну хвилю і прогноз обсягу реалізації продукції на окремі місяці наступного року.

Індекс сезонності визначається за формулою

$$i_i = \frac{\bar{y}_i}{\bar{y}}, \quad \bar{y}_i = \frac{\sum y_i}{k}, \quad \bar{y} = \frac{\sum \bar{y}_i}{n} = \frac{\sum \sum y_{ij}}{k \cdot n}, \quad (3.25)$$

де $\bar{y}_i$ - середнє значення показника за прийнятий проміжок часу (у нашому прикладі середня величина за кожний місяць, гр.7)

$\bar{y}$ - середнє значення показника за весь період;

k - кількість років (k=1,2,3,4);

n - кількість місяців (n=1,2,3,...,12)

Розраховані для даних табл. 3.7 індекси сезонності подані у графі 8, а їх ряд створює сезонну хвилю.

Індекс сезонності для складання прогнозу використовується таким чином:

Таблиця 3.7- Обсяг реалізації хлібобулочних виробів (тис.г)

Рік місяць	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік	Разом за 4 роки (2+3+ 4+5)	В серед- ньому за 4 роки грб/4, $\bar{y}$	Індекс сезон- ності $\left(\frac{\bar{y}_i}{\bar{y}}\right) 100$	Прогноз обсягу реалізації продукції на наступний рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	5,3	5,4	5,5	6,4	22,6	5,65	74,6	6,1
02	5,4	5,6	5,7	6,7	23,4	5,85	77,2	6,3
03	6,2	6	5,9	6,9	25,0	6,25	82,5	6,7
04	6,4	6,6	6,7	7,3	27,0	6,75	89,1	7,3
05	7,0	7,2	7,5	7,7	29,4	7,35	97,0	7,9
06	7,5	7,7	8,0	8,2	31,4	7,85	103,6	8,5
07	8,0	8,1	8,5	8,7	33,3	8,33	110,0	9,0
08	8,5	8,6	8,8	9,1	35,0	8,75	115,5	9,4
09	8,9	9,0	9,2	9,5	36,6	9,15	180,8	9,9
10	8,3	8,5	9,0	9,1	34,9	8,72	115,1	9,4
11	8,0	8,3	8,6	8,4	33,3	8,33	110,0	9,0
12	7,5	7,9	8,3	8	31,7	7,93	104,7	8,5
Разом	87,0	88,9	91,7	96,0	363,6	-	1200,0	98,0
В серед- ньому						7,575	100,0	

Припустимо, що на наступний рік об'єднання передбачає реалізувати 98 тис.т. хлібобулочних виробів. Для того, щоб сформувані помісячний план реалізації продукції можна використати таку залежність:

$$\bar{Q}_i = \frac{\bar{Q} \cdot i_c}{100}, \quad (3.26)$$

де $\bar{Q}_i$ - очікуваний місячний об'єм реалізації продукції ($i=1,2,\dots,12$);

$\bar{Q}$ - очікуваний річний обсяг реалізації продукції;

i_c - індекс сезонності;

n - кількість періодів ($n=12$).

Результати розрахунків наведені в гр9 табл. 3.7.

Застосування індексу не обмежується тільки дослідженням сезонного характеру виробництва і споживання продукції. В декількох галузях промисловості коливання виробництва продукції пов'язані з особливостями технології, характером сировини та іншими факторами. Так, у цукровій промисловості встановлена добова норма переробки цукрового буряку на початку виробничого сезону і в кінці його, як правило, не виконується, а в середині виробництва є умови для перевиконання. Це пов'язано, головним чином, з технологічними властивостями сировини - цукрового буряку.

Звідси важлива задача визначення таких добових норм переробки цукрового буряку по декадах на наступний сезон, щоб в середньому була забезпечена норма переробки не менше 100%. Норма переробки в цілому на сезон визначається як добуток добової потужності на встановлений коефіцієнт використання потужності. В табл. 3.8 наведені дані про процент виконання добової норми переробки буряку (відношення фактичної добової переробки буряку до встановленої норми на сезон) і порядок розрахунку прогнозованого (планового) завантаження цукрового заводу.

Позначимо:

N - добова потужність заводу;

P_m - добова продуктивність заводу, яка встановлена на друге півріччя.

$\bar{y}$ - розрахункове значення виконання плану добової переробки буряку в середньому за друге півріччя, яке визначається за формулою

$$\bar{y} = \frac{\sum (\bar{y}_i \sum Q_{ij})}{\sum \sum Q_{ij}},$$

де Q_{ij} - обсяг переробленого буряку в i -ї декаді j -го року.

В табл. 3.8 $\bar{y}$ подана в підсумковому рядку графі 3. Початкові дані для розрахунку граф 5 і 6 є: добова потужність - $N=1220$ т.;

Установлений коефіцієнт використання потужності на друге півріччя $K=0,92$. Отже, планова добова продуктивність на друге півріччя складає $P_0=KN=0,92 \cdot 1220=1100$ т.

Таблиця 3.8 - Прогноз добової переробки цукрового буряку по декадах на наступний сезон

Декади	Виконання плану добової переробки цукрового буряку, %			Добова продуктивність, т	
	фактично в середньому за п'ятиріччя, $\bar{y}$	вирівняне за рівнянням тренда*, $\bar{y}_t$	індекс сезонності $(\bar{y}_t : \bar{y}) \cdot 100$	при нормі переробки буряку, що склалася $(p_0 \cdot \bar{y}_t) : 100$	при прогнозованому завантаженні $(p_4 \cdot p_0) : 100$
1	2	3	4	5	6
10,09	76,02	79,76	87,5	836,3	962,5
20,09	96,2	91,95	100,88	1058,2	1109,7
01,1	99,34	96,8	106,2	1092,2	1168,2
10,1	102,96	98,17	107,7	1132,6	1184,8
20,1	96,61	97,55	107,24	1062,7	1177,ф
01,11	99,46	95,69	106,8	1094,0	1154,8
10,11	90,33	93,03	102,06	993,0	1122,6
20,11	82,67	89,85	98,57	909,3	1084,3
01,12	89,83	86,35	94,73	988,2	1042,1
10,12	78,38	82,66	90,69	862,2	997,5
20,12	64,42	78,88	85,54	686,6	951,9
01,01	97,43	75,07	82,36	1071,7	905,9
2-е півріччя	91,63	91,15	100,0	1007,9	1100,0

Дані табл. 3.8 свідчать про те, що норма переробки буряку заводом не виконувалась. В грб наведені розрахункові, з використанням індексу сезонності, значення добової переробки цукрового буряку по декадах, які дозволяють забезпечити ритмічну роботу заводу і виконання норми завантаження заводу в цілому на друге півріччя.

Примітка. Рівняння тренда будуть розглядатися у наступному параграфі.

3.2 Екстраполяція трендів

3.2.1 Сутність методу

Для аналізу тенденції на основі динамічних рядів і побудови прогнозу з врахуванням закономірностей, що склалися в "передісторії", широко застосовується залежність, яка має назву рівняння тренда:

$$y = f(t) + \xi_t \quad (3.27)$$

де $f(t)$ - детермінована не випадкова компонента процесу (явища);

ξ_t - стохастична випадкова компонента процесу.

Треба мати на увазі, що в роботі розглядаються стохастичні (ймовірні) залежності.

Якщо у функціональній залежності кожному значенню аргументу (аргументів) відповідає одне єдине значення функції, то в стохастичній закономірності значенню аргументу (аргументів) відповідає не одне певне значення функції, а декілька, тобто певний розподіл цих значень. У стохастичних залежностях зв'язки не жорсткі і виявляються не в кожному окремому випадку, а лише в масі, в середньому. Це пов'язано з тим, що в стохастичних залежностях, а вони частіше мають місце у реальному житті, з ряду причин не можуть бути враховані всі аргументи (фактори). Ось чому рівняння, яке ґрунтується на стохастичних залежностях, складається з двох частин: детермінованої, яка формується під впливом врахованих, відомих факторів, і випадкової, яка виникає у результаті випадкових неврахованих факторів.

Тренд, який звично називають часовим трендом, відображає тенденцію зміни явища, (процесу, об'єкта) у часі.

Тренд описує фактичну усереднену для "передісторії" тенденцію процесу, що вивчається, у часі, його зовнішні прояви. Результат при цьому пов'язується виключно з плином часу. Припускається, що через фактор часу (t), можна виразити вплив усіх основних факторів, іншими словами, хоча час не являється механізмом прояву закономірностей і тенденцій, він мовби акумулює дії основних факторів і виражає їх у рівнянні тренда. Реальний механізм впливу на значення рівней динамічного ряду у наявному вигляді не враховується.

Аналітичне вирівнювання тренда – це досить поширені методи прогнозування. Екстраполяція тренда може бути застосована лише у тому випадку, якщо розвиток явища достатньо добре описується побудованим рівнянням і умови, які визначають тенденцію розвитку у минулому, не зазнають значних змін у майбутньому. При додержанні цих умов екстраполяція здійснюється шляхом підстановки у рівнянні тренда (3.27) значення незалежної змінної t , яка відповідає величині горизонту прогнозування.

$$\hat{y}_{t+p} = f(t_{t+p}), \quad (3.28)$$

де P – величина горизонту прогнозування (періоди, на який складається прогноз).

У рівнянні (3.27) випадкова компонента ξ_t необхідна у подальшому для визначення уточнених характеристик прогнозу.

Рівняння тренда може бути описане широким спектром залежностей, зокрема:

$$\text{лінійна} \quad \hat{y} = a_0 + at; \quad (3.29)$$

$$\text{квадратична} \quad \hat{y} = a_0 + a_1t + a_2t^2; \quad (3.30)$$

$$\text{степенева} \quad \hat{y} = a_0 t^{a_1}; \quad (3.31)$$

$$\text{показникова} \quad \hat{y} = a_0 a_1^t; \quad (3.32)$$

$$\text{експоненціальна} \quad \hat{y} = a_0 e^{a_1 t}; \quad (3.33)$$

$$\text{експоненціально-степенева} \quad \hat{y} = a_0 t^{a_1} e^{a_2 t}; \quad (3.34)$$

$$\text{логістична} \quad \hat{y} = a_0 : (1 + a_1 e^{a_2 t}); \quad (3.35)$$

$$\text{Гомперца} \quad \hat{y} = a_0 a_1^{a_2^t}; \quad (3.36)$$

$$\text{гіперболічна} \quad \hat{y} = a_0 + (a_1 : x). \quad (3.37)$$

Перелік рівнянь, які можуть бути використані для екстраполяції тренда, наведені в додатку А, тільки замість фактору (X), застосовується час (t).

Для використання тренда у якості інструменту прогнозу слід чисельно оцінити параметри (коефіцієнти) рівнянь (a_0, a_1).

Параметри рівняння визначаються за допомогою методу найменших квадратів

$$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \min, \quad (3.38)$$

де y_i - фактичне значення функції;

$\hat{y}_i$ - розрахункове значення функції, яке визначається на основі відібраного рівняння.

Для лінійного рівняння залежність (3.38) може бути записана таким чином

$$\sum (y_i - a_0 - a_1 t)^2 = \min. \quad (3.39)$$

У рівнянні (3.39) змінні y_i і t являються відомими величинами, а параметри рівняння (a_0, a_1) - невідомими величинами. Для їх визначення слід прирівнювати до нуля похідні від виразу (3.39) за кожним початковим параметром окремо. Після відповідних перетворень отримусмо систему нормальних рівнянь, які для лінійного рівняння тренда мають вигляд:

$$\begin{cases} \sum y_i = a_0 n + a_1 \sum t \\ \sum y_i t = a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 \end{cases} \quad (3.40)$$

Для квадратичного рівняння $y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$ система нормальних рівнянь має такий вигляд:

$$\begin{cases} \sum y_i = n a_0 + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 \\ \sum y_i t = a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 \\ \sum y_i t^2 = a_0 \sum t^2 + a_1 \sum t^3 + a_2 \sum t^4 \end{cases} \quad (3.41)$$

Головна проблема, яка виникає при реалізації системи нормальних рівнянь, це приведення, де це можливо, рівнянь до лінійного виду, а в

деяких випадках, наприклад, для логістичної кривої і кривої Гомперца застосовують різні види перетворень, спрощення. Якість рівняння оцінюється за системою показників (характеристик). Найбільш суттєвим показником для оцінювання кожного рівняння є коефіцієнт парної кореляції – для лінійного рівняння, і парне кореляційне відношення – для всіх нелінійних рівнянь, які відображають тісноту зв'язку між результативним показником (функцією) і факторіальною ознакою (аргументом).

Коефіцієнт парної лінійної кореляції для рівняння $(y_i = a_0 + a_1 x_i)$ розраховується за формулою

$$r = (n \sum y_i x_i - \sum y_i \sum x_i) : \sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}. \quad (3.42)$$

Парне кореляційне відношення розраховується за формулою

$$\eta = \sqrt{1 - \sum (y_i - \bar{y}_i)^2 : \sum (y_i - \bar{y})^2}. \quad (3.43)$$

Про тісноту зв'язку роблять висновки з таких значень показників:

$$\begin{aligned} r\eta \leq 0,5 & \quad \text{- зв'язок слабкий;} \\ 0,7 \geq r\eta \geq 0,5 & \quad \text{- зв'язок середній;} \\ r\eta \geq 0,7 & \quad \text{- зв'язок сильний.} \end{aligned} \quad (3.44)$$

Крім тісноти зв'язку для оцінювання адекватності рівняння реальним процесом служать такі показники:

Середня помилка апроксимації

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{n} \sum \frac{|y_i - \bar{y}_i|}{y_i} \cdot 100. \quad (3.45)$$

Середнє квадратичне відхилення між фактичними і розрахунковими значеннями функції:

а) абсолютне

$$\sigma_{abs} = \sqrt{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2 : (n-1)}; \quad (3.46)$$

б) відносне

$$\sigma_{rel} = \sqrt{\sum ((y_i - \bar{y}_i) : y_i)^2 : (n-1)} \cdot 100. \quad (3.47)$$

Середнє відхилення між фактичними і розрахунковими значеннями функції:

а) абсолютне

$$\bar{\Delta}_{abs} = \sum |y_i - \bar{y}_i| : n; \quad (3.48)$$

б) відносне - визначається аналогічно показнику, що розраховується за формулою (3.45)

Чим менше значення показників, які розраховані за формулами (3.45-3.48), 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.

В табл. 3.9, на прикладі даних про випуск продукції за 10 років,

покажемо порядок розрахунку параметрів і статистичних характеристик для лінійного рівняння у відповідності з наведеними вище формулами.

Аналогічно за таким ж принципом, тобто на основі заздалегідь розрахованих проміжних даних, визначаються параметри і статистичні характеристики інших рівнянь, зокрема квадратичного.

Підставивши отримані в таблиці 3.9 (гр. 3-10) проміжні розрахункові дані у відповідні формули, розрахуємо необхідні величини:

Параметри рівняння (a_0, a_1) розрахуємо на основі системи рівнянь (формула 3.40)

$$\begin{cases} 445 = 10a_0 + 55a_1; \\ 2907 = 55a_0 + 385a_1. \end{cases}$$

Реалізуювши систему рівнянь, отримаємо:

$$a_0 = 13,8; \quad a_1 = 5,6.$$

Коефіцієнт парної лінійної кореляції (формула 3.42) дорівнює:

$$r = (10 \cdot 2907 - 55 \cdot 445) : \sqrt{(10 \cdot 385 - 55^2)(10 \cdot 22487 - 445^2)} = 0,976.$$

Обсяг випуску продукції, розрахований на основі рівняння, отримаємо, якщо в рівняння підставляти послідовно за кожний рік значення аргумента (часу t).

На основі розрахованих параметрів рівняння (a_0, a_1) лінійне рівняння можна записати таким чином:

$$\hat{y}_t = 13,8 + 5,6t$$

Підставивши у вказане рівняння значення t за перший рік ($t=1$), отримаємо розрахункове значення обсягу випуску продукції за перший рік.

$$\hat{y}_1 = 13,8 + 5,6 \cdot 1 = 19,4 \text{ тис. т};$$

за другий рік ($t=2$)

$$\hat{y}_2 = 13,8 + 5,6 \cdot 2 = 25 \text{ тис. т};$$

за третій рік ($t=3$)

$$\hat{y}_3 = 13,8 + 5,6 \cdot 3 = 30,6 \text{ тис. т};$$

і т.д. до $t=10$.

Середня помилка апроксимації (формула 3.45) дорівнює

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{10} \cdot 0,525 \cdot 100 = 5,25\%.$$

Таблиця 3.9 - Дані про динаміку випуску продукції підприємством і розрахунок проміжних показників для визначення параметрів і статистичних характеристик рівняння $y = a_0 + a_1 t$

Роки, t	Обсяг випуску продукції, тис. т., y_t	$y_t \cdot t$	t^2	y_t^2	Обсяг випуску продукції, розрахований на основі рівняння, $\hat{y}_t$	$ y_t - \hat{y}_t $	$(y_t - \hat{y}_t)^2$	$\frac{ y_t - \hat{y}_t }{y_t}$	$\left(\frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t}\right)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20	20	1	400	19,4	0,6	0,36	0,03	0,0009
2	25	50	4	625	25	0	0		
3	31	93	9	961	30,6	0,4	0,16	0,13	0,0169
4	31	124	16	961	36,2	5,2	27,04	0,168	0,0282
5	40	200	25	1600	41,8	1,8	3,24	0,045	0,002
6	56	336	36	3136	47,4	8,6	73,96	0,154	0,0237
7	52	364	49	2704	53,0	1,0	1,0	0,019	0,0004
8	60	480	64	3600	58,6	1,4	1,96	0,023	0,0005
9	60	540	81	3600	64,2	4,2	17,64	0,07	0,0049
10	70	700	100	4900	69,8	0,2	0,04	0,003	
$\Sigma 55$	445	2907	385	22487		23,4	125,4	0,525	0,0775

Загально прийнято, що якщо $\bar{\varepsilon} \leq 10\%$, то побудоване рівняння характеризується високим рівнем адекватності реальному процесу.

Середнє квадратичне відхилення між фактичними і розрахунковими значеннями функції:

а) абсолютне (формула 3.46)

$$\sigma_{abs} = \sqrt{125 \cdot (10 - 1)} = 3,7;$$

б) відносне (формула 3.47)

$$\sigma_{vni} = \sqrt{0,0775 \cdot (10 - 1)} \cdot 100 = 9,28\%.$$

Середнє відхилення між фактичними і розрахунковими значеннями функції:

а) абсолютне (формула 3.48)

$$\Delta_{abs} = 23,4 : 10 = 2,34 \text{ тис.т};$$

б) відносне визначається, як відмічалось раніше, аналогічно середній помилці апроксимації і складає відповідно 5,25%.

Запропоновані вище показники для оцінювання якості рівняння не суперечать один одному.

Якими краще користуватись – це на розсуд дослідника.

В цілому ж можна констатувати, що побудоване рівняння характеризується високими і надійними характеристиками.

3.2.2 Вибір виду рівняння

Першим етапом екстраполяції тренда є вибір оптимального виду рівняння, який описує емпіричний ряд.

При виборі виду рівняння необхідно вирішити два питання. По-перше, чи адекватно, у повному розумінні цього слова, рівняння відповідає досліджуваним процесам, а у відношенні часового тренда - наскільки воно відображає закономірність тенденції, що склалася. По-друге, чи відповідає воно статистичним критеріям.

Ці два питання повинні дати відповідь: наскільки логічно і статистично відібране рівняння відповідає процесам і явищам, що досліджуються.

Під логічною адекватністю розуміють здатність рівняння адекватно, або іншими словами, найбільш точно відображати природу явищ, що досліджуються.

Статистична адекватність означає відповідність рівняння окремим критеріям, які виражаються системою статистичних характеристик, що розраховуються за допомогою формул (3.42-3.48).

Є різні підходи до вибору виду рівняння. Так, рекомендується оцінити природу зв'язку методом послідовних різниць, розрахувавши для цього перші, другі і т.д. різниці рівнів ряду, тобто:

$$u_i^{(1)} = y_i - y_{i-1}$$

$$u_i^{(2)} = u_i - u_{i-1}$$

$$u_i^{(3)} = u_i^{(2)} - u_{i-1}^{(2)}$$

і т.д. визначення на їх основі середніх приростів шляхом згладжування ряду плинною середньою, а за значенням останніх оцінити характер зміни показників у часі.

Вибір виду рівняння можна здійснити дещо іншим чином, виходячи з можливості зображення динамічного ряду на графіку. За видом графіка можна оцінити, чи є показник, що досліджується, монотонно зростаючим, монотонно зменшуючим, чи має точку перегину, чи є циклічним, чи спостерігається процес насичення і т.д.

З урахуванням сутності процесу і тенденції зміни рівнів динамічного ряду на першому етапі встановлюється клас рівняння. Такий візуальний підхід повністю прийнятний і достатньо надійний. Але оскільки різні дослідники можуть дати перевагу тому чи іншому рівнянню, яке відноситься до певного класу, то другий етап базується на порівнянні статистичних характеристик рівнянь, що в кінцевому рахунку дозволяє зробити остаточний вибір. Наявність ЕОМ дозволяє досить швидко в залежності від розміру відеотермінального пристрою видати на екран параметри і статистичні характеристики за декількома рівняннями.

Вибір виду рівняння розглянемо на основі даних про споживання кондитерських виробів на одну людину по області за ряд років (див. дані табл.3.1)

За наведеними в табл. 3.1 даними слід побудувати рівняння часового тренда, яке може бути використане для складання прогнозу на наступну п'ятирічку. Використаємо вже згаданий метод "прогноз екс-пост".

Рівняння тренда побудоване на основі даних за 6 років (базисний період і роки п'ятирічки), а прогноз складений на наступну п'ятирічку - з 7-го по 11-й роки, що в кінцевому рахунку дозволяє порівняти прогнозні і фактичні дані і тим самим оцінити як передбачувальну здатність побудованого рівняння тренда, так і сам прогноз.

В табл. 3.10 наведені параметри і статистичні характеристики рівнянь часового тренда, які відібрані на основі візуальної оцінки і характеру тенденції динамічного ряду.

Аналіз даних табл. 3.10 свідчить про те, що усі відібрані рівняння характеризуються високими і надійними статистичними характеристиками, що робить їх здатними для екстраполяції даних і отримання прогнозних оцінок.

Виходячи з значень статистичних характеристик і зручності практичного застосування, доцільно відібрати лінійне рівняння, яке можна записати таким чином:

$$\bar{y}_t = 9,65 + 0,95t. \quad (3.49)$$

В табл. 3.11 наведені відхилення між фактичними і розрахунковими значеннями споживання кондитерських виробів на одну людину по всіх

роках "передісторії".

Таблиця 3.10 - Параметри і статистичні характеристики рівнянь тренда

Параметри і характеристики рівняння	Вид рівняння			
	$y_t = a_0 + a_1 t$	$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$y_t = a_0 a_1' a_2'$	$y = a_0 t^{a_1} e^{a_2 t}$
1	2	3	4	5
Параметри рівняння:				
a_0	9,65	9,58	9,7	9,95
a_1	0,95	1	1,1	0,02
a_2		-0,007	0,99	0,07
Характеристики рівняння:				
Коефіцієнт кореляції [кореляційне відношення]	0,982	0,982	0,982	0,980
Середня помилка апроксимації	1,73	1,79	1,67	1,65
Середнє абсолютне відхилення	0,23	0,24	0,23	0,23
Середнє відносне відхилення	1,73	1,79	1,68	1,65
Середнє квадратичне відхилення між фактичними і розрахунковими даними:				
а) абсолютне	0,31	0,31	0,31	0,32
б) відносне	2,18	2,20	2,15	2,23

Таблиця 3.11-Розходження між фактичними і розрахунковими, на основі рівняння тренда, значеннями споживання кондитерських виробів на одну людину

t	Фактичні значення показника y_t	Розраховане на основі рівняння значення показника, $\bar{y}$	Відхилення	
			абсолютне (гр2-гр3)	відносне (гр4:гр2)100, %
1	2	3	4	5
1	10,7	10,6	0,1	0,93
2	11,5	11,55	-0,05	-0,43
3	12,2	12,5	-0,3	-2,45
4	13,4	13,45	-0,05	-0,37
5	15	14,4	0,6	-4,00
6	15	15,35	-0,35	-2,33
Середнє значення			0,24	1,75

Висновок. протягом усього періоду "передісторії" розходження між фактичними і розрахунковими значеннями показників, що досліджуються, були незначні, що характеризує, з одного боку, адекватність рівняння

процесу, що досліджується, і з іншого боку, стабільність росту споживання кондитерських виробів. Незначні розходження між фактичними і розрахунковими значеннями показника в кінцевому рахунку повинні забезпечити високу точність прогнозу.

3.2.3 Побудова прогнозу і оцінювання його якості

Довірчі інтервали

Побудований на основі початкових даних "передісторії" часовий тренд, що відповідає вимогам, дозволяє використати залежність (3.49) для складання прогнозу споживання кондитерських виробів на період $n+p$ ($p=1,2,3,4,5$)

$$\hat{y}_{n+1} = 9,65 + 0,95 \cdot 7 = 16,3 \text{ кг};$$

$$\hat{y}_{n+2} = 9,65 + 0,95 \cdot 8 = 17,3 \text{ кг};$$

$$\hat{y}_{n+3} = 9,65 + 0,95 \cdot 9 = 18,2 \text{ кг};$$

$$\hat{y}_{n+4} = 9,65 + 0,95 \cdot 10 = 19,2 \text{ кг};$$

$$\hat{y}_{n+5} = 9,65 + 0,95 \cdot 11 = 21,0 \text{ кг}.$$

Порівняємо фактичне споживання кондитерських виробів ($t=12-16$) з прогнозними значеннями (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 - Порівняльна оцінка фактичних і прогнозних значень показника

Фактичне значення споживання кондитерських виробів, кг	Прогнозне значення споживання кондитерських виробів, кг	Відхилення	
		абсолютне (гр4-гр3)	відносне (гр4:гр2)100, %
1	2	3	4
15,9	16,3	-0,4	-2,52
17,2	17,3	-0,1	-0,58
18,1	18,2	-0,1	-0,55
19,8	19,2	0,6	3,03
21,2	21,0	1,2	5,66
Середнє значення		0,5	2,47

Таким чином, як засвідчують дані табл. 3.12, розроблений прогноз відрізняється достатньо високою точністю.

Щоб скласти прогноз споживання кондитерських виробів на одну людину на наступну п'ятирічку, можна зробити двояко: побудувати новий часовий тренд за період $n+1$ до 11, або використати вже наявне рівняння (3.49). Нижче подані обидва варіанти прогнозу ($t=12,13,14,15,16$).

$$\begin{aligned}\hat{y}_1 &= 9,35 + 1,017t (n=1+11); & \hat{y}_1 &= 9,65 + 0,95t (n=1+6); \\ \hat{y}_2 &= 9,35 + 1,017 \cdot 12 = 21,6_{\text{кг}}; & \hat{y}_{12} &= 9,65 + 0,95 \cdot 12 = 21,1_{\text{кг}}; \\ \hat{y}_3 &= 9,35 + 1,017 \cdot 13 = 22,6_{\text{кг}}; & \hat{y}_{13} &= 9,65 + 0,95 \cdot 13 = 21,9_{\text{кг}}; \\ \hat{y}_4 &= 9,35 + 1,017 \cdot 14 = 23,6_{\text{кг}}; & \hat{y}_{14} &= 9,65 + 0,95 \cdot 14 = 23,0_{\text{кг}}; \\ \hat{y}_5 &= 9,35 + 1,017 \cdot 15 = 24,6_{\text{кг}}; & \hat{y}_{15} &= 9,65 + 0,95 \cdot 15 = 23,9_{\text{кг}}; \\ \hat{y}_6 &= 9,35 + 1,017 \cdot 16 = 25,6_{\text{кг}}. & \hat{y}_{16} &= 9,65 + 0,95 \cdot 16 = 24,9_{\text{кг}}.\end{aligned}$$

Перший варіант на відміну від другого включає всю "передісторію" і тим самим більш повніше відображає тенденції споживання продукції. Разом з тим різниця невелика - в межах 0,5-0,7 кг або 2,3-2,7 (%).

Часовий тренд (криві росту) широко застосовується для дослідження тенденції і прогнозування параметрів і функціональних характеристик машини (обладнання).

Так, на основі даних за ряд років, досліджена динаміка росту середнього значення числа символів на екрані алфавітно-цифрового дисплею. Для визначення тенденції росту названого показника були використані рівняння тренда, які містяться в табл. 3.10. Оцінювання статистичних характеристик свідчить про достатньо високу адекватність рівнянь, які описують тенденції, що склалися: кореляційне відношення (коефіцієнт парної кореляції) знаходяться в межах 0,952-0,967, середня помилка апроксимації - 1,96-2,00(%).

Побудований на основі рівняння $y = 2045,453 + 8,706t + 4,778t^2$ прогноз показав, що на найближчі два роки, починаючи з кінця "передісторії", середнє значення числа символів на екрані алфавітно-цифрових обладнань складе відповідно 2610 і 2719 одиниць.

Область застосування рівняння часового тренда не обмежується тільки аналізом динаміки і побудови прогнозу на основі рівняння. Часовий тренд застосовується одночасно для вдосконалення методики розрахунку ряду статистичних показників, які в свою чергу можуть бути успішно застосовані в прогнозуванні (плануванні), або іншими словами, опосередковане використання часового тренда для задач управління.

У попередньому параграфі відмічалось, що значним недоліком показників середнього абсолютного приросту і середнього коефіцієнта росту (формули 3.6 і 3.11) є залежність їх рівня тільки від крайніх значень динамічного ряду. Цей недолік в значній мірі усувається, якщо у формули підставляються не фактичні значення ряду, а вирівняні за певним рівнянням тренда. Тоді середній абсолютний приріст розраховується так

$$\bar{\Delta y} = (f(y_n) - f(y_1)) : (n - 1), \quad (3.50)$$

а середній коефіцієнт росту дорівнює

$$\bar{K}_p = \sqrt[n-1]{f(y_n) : f(y_1)}, \quad (3.51)$$

де $f(y_1); f(y_n)$ - значення відповідно першого і останнього рівнів ряду, отриманих в результаті вирівнювання ряду за відібраним рівнянням.

На відміну від фактичних даних на рівень крайніх значень вирівняного ряду впливають проміжні значення, що пояснюється процедурою реалізації системи нормальних рівнянь.

Розглянемо приклад застосування середнього коефіцієнта росту при формуванні асортименту продукції. В багатомоноклатурних галузях формування структури асортименту є важлива і разом з тим складна задача. На практиці для цієї мети часто застосовується оцінювання питомої ваги кожного виду продукції в загальній сукупності. Однак цей метод має вагомий недолік, оскільки він не враховує тенденції. При наявності відповідного технічного і програмно-методичного забезпечення доцільно досліджувати тенденцію випуску різних видів продукції за допомогою часового тренда, а потім на основі значень середнього темпу приросту ($\bar{T}_{np} = \bar{K}_p \cdot 100 - 100$), використавши при цьому вирівняні крайні значення динамічного ряду, слід визначити коефіцієнт структури

$$K_{ij} = \bar{T}_{np}(i) : \bar{T}_{np}(j), \quad (3.52)$$

де K_{ij} - коефіцієнт структури i -го елемента по відношенню до j -ї сукупності;

$\bar{T}_{np}(i)$ - середній темп приросту i -го елемента за період, що досліджується;

$\bar{T}_{np}(j)$ - середній темп приросту j -ї сукупності за той же період.

При збереженні відносно стійких тенденцій випуску продукції коефіцієнт структури може бути використаний для прогнозування структури продукції у натуральному вимірі, застосовувавши для цього залежність

$$\hat{y}_{i(t+p)} = ((T_{np(i)} \cdot K_{ij} + 100) y_{j(t)}):100, \quad (3.53)$$

де $\hat{y}_{i(t+p)}$ - очікуваний обсяг виробництва i -го елемента в прогнозованому періоді;

$T_{np}(j)$ - темп приросту j -тої сукупності в прогнозованому періоді;

K_{ij} - коефіцієнт структури (співвідношення середніх темпів приросту i -го елемента та j -ї сукупності);

$y_{j(t)}$ - значення i -го елемента в базисному періоді.

Поняття сукупності i -того елемента не є щось постійне. Якщо, наприклад, уся продукція ділиться на декілька груп, то останні являються елементами по відношенню до всієї сукупності. В тому випадку, коли групи діляться на окремі підгрупи, то останні являються елементами, а перші по відношенню до них сукупністю і т.д.

За даними, які подані в табл. 3.13, розглянемо порядок використання формули (3.52) для прогнозування асортименту продукції.

Зазначена методика формування асортименту продукції була реалізована на ЕОМ для кондитерської промисловості України.

Таблиця 3.13 - Проміжні статистичні дані, які використовуються для побудови прогнозу асортименту продукції

Назва продукції	Відібране рівняння	Середній темп приросту, T_{np}	Коефіцієнт структури, K_{ij}	Порядок визначення коефіцієнта структури
1	2	3	4	5
Випуск продукції разом, т.	$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$			
в т.ч. групи "А"	$y = a_0 t^{a_1} e^{a_2 t}$	3,746	0,9642	Ряд1.1.гр4:ряд1.гр4
з неї підгрупа "А1"	$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	3,432	0,9162	Ряд1.1.гр4:ряд1.1.гр4
Група "Б"	$y = a_0 a_1' a_1'^2$	4,288	1,1037	Ряд1.2.гр4:ряд1.гр4

Базові значення показників: загальний випуск 570823 т.; група "А" 423659т; підгрупа "А1" 14250т; група "Б" 147164т.

В прогнозованому періоді передбачено довести випуск усієї продукції до 574095т. Таким чином, темп приросту усієї продукції складе:

$$T_{np(t)} = \frac{574095}{570823} \cdot 100 - 100 = 0,573\%.$$

Прогнозоване значення випуску продукції у відповідності з формулою (3.53) становить:

$$\text{група "А"} \hat{y}_{\cdot, r} = ((0,573 \cdot 0,9642 + 100) \cdot 423659) : 100 = 426011 \text{ т} \approx 426000 \text{ т};$$

$$\text{група "Б"} \hat{y}_{\cdot, r} = ((0,573 \cdot 1,1037 + 100) \cdot 147164) : 100 = 148099 \text{ т} \approx 148095 \text{ т}.$$

Разом 574095 т,

тобто загальний прогнозований обсяг групи "А" і "Б" дорівнює прогнозу загального випуску продукції.

Для визначення прогнозованого випуску підгрупи "А1" спочатку визначимо очікуваний темп приросту продукції групи "А", оскільки вона на даному етапі стає сукупністю

$$\bar{T}_{np} = (426000 : 423659) \cdot 100 - 100 = 0,553\%.$$

Прогнозоване значення випуску продукції "А1" складає

$$\hat{y}_{\cdot, A1} = ((0,553 \cdot 0,9162 + 100) \cdot 142506) : 100 = 143228 \text{ т}.$$

В такому ж порядку можна визначити прогнозні значення окремих підгруп, класів і навіть видів продукції.

При відсутності технічного і програмно-методичного забезпечення для реалізації на ЕОМ рівнянь тренда можна в крайньому випадку

визначити значення коефіцієнта структури на основі застосування середніх темпів приросту, розрахованих за формулою (3.11).

Заключним етапом розробки прогнозу є верифікація, яка являється процедурою оцінки достовірності, точності чи обґрунтованості прогнозу. Оцінити точність прогнозу можна тільки в двох випадках: після завершення прогнозованого періоду (здійснення події) або використання методу "прогноз екс-пост".

Показники, які використовуються для оцінки точності прогнозу, можна розділити на три групи: абсолютні, порівняльні і якісні.

До абсолютних показників відносяться :

різниця між фактичними і прогнозними значеннями

$$\hat{\Delta}_{abs} = y_t - \hat{y}_t; \quad (3.54)$$

середня помилка прогнозу

$$\bar{\hat{\Delta}}_{abs} = \frac{\sum |y_t - \hat{y}_t|}{n}; \quad (3.55)$$

де n-це горизонт прогнозу;

відносна помилка прогнозу

$$\hat{\Delta}_{rel} = ((y_t - \hat{y}_t) : y_t) 100; \quad (3.56)$$

середня відносна помилка прогнозу

$$\bar{\hat{\Delta}}_{rel} = \frac{1}{n} \sum (|y_t - \hat{y}_t| : y_t) 100; \quad (3.57)$$

(значення перерахованих вище показників оцінювання прогнозу містяться в таблиці(3.12);

середня квадратична абсолютна помилка прогнозу

$$\bar{\hat{\sigma}}_{abs} = \sqrt{(\sum (y_t - \hat{y}_t)^2) : n}. \quad (3.58)$$

Порівняльні показники точності прогнозів ґрунтуються на порівнянні помилки даного прогнозу з еталонним прогнозом

$$K = \sqrt{\sum (\hat{y}_t - y_t)^2 : \sum (\hat{y}_t^* - y_t)^2}, \quad (3.59)$$

де $\hat{y}_t^*$ - прогнозоване значення еталонного прогнозу.

До порівняльних показників можна також віднести:

коефіцієнт невідповідності Г. Тейла

$$U = \sqrt{\sum (\hat{y}_t - y_t)^2 : \sum (y_t - \bar{y}_t)^2}; \quad (3.60)$$

коефіцієнт кореляції між прогнозованими та фактичними значеннями показників

$$R = \left(\frac{1}{n} \sum (\hat{y}_t - \bar{y})(y_t - \bar{y}) \right) : \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\hat{y}_t - \bar{y})^2 \frac{1}{n} \sum (y_t - \bar{y})^2}. \quad (3.61)$$

Для прогнозу, дані якого подані в табл. (3.12), перераховані вище

показники оцінювання точності дорівнюють: $\delta_{\text{оц}} = 0,61; u = 0,32; R = 0,996$

Якісні показники точності прогнозу базуються на розкладанні помилок прогнозування на певні складові. Так, пропонується розкласти середній квадрат помилки прогнозу на три частини: частку зміщення, частку дисперсії, та частку коваріації.

Вибір показників точності прогнозу залежить від об'єкта прогнозування і тих задач, які ставить перед собою дослідник у відношенні точності прогнозу.

Наведені в табл. 3.12 прогнозні значення відображають точкову оцінку. Збіг точкового прогнозу з фактичними даними малоймовірний. Тому в прогнозуванні використовуються інтервальні значення прогнозу у вигляді "вилки"-максимальна і мінімальна величина.

Довірчі інтервали прогнозу можуть бути записані таким чином:

$$\hat{y}_{t+p} \pm t_{\alpha} s_p, \quad (3.62)$$

де p -величина горизонту (для п'ятирічки p відповідно набуває значення 1,2,3,4,5)

t_{α} -значення t -критерію Стьюдента (табличне) з $(n-1)$ ступенями свободи

$$S_p = s_y \sqrt{\frac{(n+1)}{n} + \frac{3(n+2p-1)^2}{n(n^2-1)}}, \quad (3.63)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{f}}, \quad (3.64)$$

де y_t і $\hat{y}_t$ -відповідно фактичне і розрахункове значення рівнів ряду ;

f -число ступенів свободи, яке визначається в залежності від числа спостережень ряду (n) і числа параметрів тренда , що оцінюються (для прямої лінії $f=n-2$).

На основі даних табл. 3.11 розрахуємо s_y , враховуючи при цьому, що різниця $y_t - \hat{y}_t$ знаходиться в графі 4; період передісторії $n=6$.

$$s_y = \sqrt{(0,1^2 + 0,05^2 + 0,3 + 0,5^2 + 0,6^2 + 0,35^2) : (6-2)} = 0,457,$$

t -критерій Стьюдента з числом ступенів свободи $(n-1) = 6-1 = 5$ і рівнем істотності 0,5% дорівнює 2,57.

Розрахунки інтервального прогнозу наведені в табл. 3.14.

Таблиця 3.14 - Розрахунок довірчих інтервалів прогнозу для лінійного тренда

Точковий прогноз, $\hat{y}_t$	S_p	$t_{\alpha} s_p$	Довірчі інтервали		Фактичні значення y_t
			Мінімальний $\hat{y}_t - t_{\alpha} s_p$	Максимальний $\hat{y}_t + t_{\alpha} s_p$	
16,3	0,62	1,6	14,7	17,9	15,9
17,3	0,69	1,8	15,5	19,1	17,2
18,2	0,78	2,0	16,2	20,2	18,1
19,2	0,86	2,2	17,0	21,4	19,8
21,0	0,96	2,5	18,5	23,5	21,2

Таким чином, як засвідчують дані табл. 3.14, фактичні значення показників знаходяться в середині довірчих інтервалів. Наявність мінімального і максимального значення прогнозованого показника дозволяє по суті розробити альтернативні варіанти стратегії дій підприємства з врахуванням можливих ситуацій на ринку.

3.3 Прогнозування методом експоненціального згладжування

3.3.1 Сутність методу

Методи простої екстраполяції динамічних рядів і методи, що використовують рівняння часового тренда, базуються на припущенні зберігання тенденцій, що склалися в “передісторії” (ретроспектива) і в прогнозованому періоді. Якби середні коефіцієнта росту і параметри рівняння тренда залишилися незмінними для різних відрізків часу, взятих з одного і того ж періоду, то названі методи прогнозування в зв’язку з нескладністю їх використання були б бездоганні.

Однак, як показує досвід, а це підтверджується різними результатами прогнозу споживання кондитерських виробів в залежності від величини ретроспективного періоду, значення параметрів рівняння визначаються кількістю періодів “передісторії”. І якщо споживання кондитерських виробів має більш-менш стабільний ріст, то 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 результати прогнозу.

Крім того, при використанні в прогнозуванні рівняння тренда всі рівні ряду в однаковій мірі впливають на параметри рівняння і, таким чином, в однаковій мірі визначають і рівень прогнозованих показників.

Вказані недоліки привели до необхідності вдосконалення методів

прогнозування, що базуються на використанні одного часового ряду, в результаті чого були розроблені, 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 прогнозів.

Одночасно адаптивні методи прогнозування передбачають різну цінність рівнів динамічного ряду, що є основою для побудови прогнозу.

З віддаленням від кінця динамічного ряду рівні ряду динаміки чинять все менший вплив на результати прогнозу. Звідси, результати прогнозу, головним чином, залежать від рівнів ряду, які ближче всього знаходяться до початку прогнозного періоду, тобто більш пізні і віддалені у часі спостереження.

Одним з методів адаптивного прогнозування виступає метод експоненціального згладжування.

Сутність цього методу полягає в тому, що кожен елемент (рівень) часового ряду згладжується за допомогою зваженої плинної середньої, причому вага її зменшується з віддаленням від кінця ряду.

Виведена Брауном рекурентна формула для визначення експоненціальної середньої має такий вигляд:

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha S_t^{[k-1]}(y) + (1 - \alpha) S_{t-1}^{[k]}(y), \quad (3.65)$$

де α - параметр згладжування ($0 < \alpha < 1$);

$S_t^{[k]}(y)$ - експоненціальна середня k -го порядку в точці t .

Виходячи з рекурентної формули (3.65) для всіх показників динамічного ряду, починаючи з другого елементу "передісторії", отримують формули експоненціальних середніх;

$$\begin{aligned} S_t^{[1]}(y) &= \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1}^{[1]}(y); \\ S_t^{[2]}(y) &= \alpha S_t^{[1]}(y) + (1 - \alpha) S_{t-1}^{[2]}(y); \\ &\dots\dots\dots \\ S_t^{[k]}(y) &= \alpha S_t^{[k-1]}(y) + (1 - \alpha) S_{t-1}^{[k]}(y); \\ &(t = 2 \div k). \end{aligned} \quad (3.66)$$

3.3.2 Розрахункові формули

Розрахункові формули розглянемо для двох випадків: часовий тренд описується лінійним рівнянням; часовий тренд описується квадратичним рівнянням.

Лінійне рівняння

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 t. \quad (3.67)$$

Експоненціальні середні розраховуються за формулами

$$\begin{aligned} S_t^{[1]}(y) &= \alpha y_t + (1-\alpha)S_{t-1}^{[1]}(y); \\ S_t^{[2]}(y) &= \alpha S_t^{[1]}(y) + (1-\alpha)S_{t-1}^{[2]}(y). \end{aligned} \quad \updownarrow \quad (3.68)$$

Оскільки згідно з формулами (3.68) неможливо розрахувати $S_{t-1}^{[1]}$ і $S_{t-1}^{[2]}$ при $t=1$, то для 1-го елемента, тобто $t=1$, визначаються початкові умови за формулами

$$\begin{aligned} S_1^{[1]}(y) &= a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} a_1 \\ S_1^{[2]}(y) &= a_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} a_1. \end{aligned} \quad \updownarrow \quad (3.69)$$

В формулах (3.69) a_0 і a_1 відповідають коефіцієнтам рівняння часового тренду, що був одержаний методом найменших квадратів.

Щоб виразити коефіцієнти рівнянь тренду (3.67) через експоненціальні середні, використовується система рівнянь, що пов'язує оцінки коефіцієнтів $\hat{a}_0$ і $\hat{a}_1$ з названими експоненціальними середніми

$$\begin{aligned} S_t^{[1]}(y) &= \hat{a}_0 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \hat{a}_1; \\ S_t^{[2]}(y) &= \hat{a}_0 + \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} \hat{a}_1. \end{aligned} \quad \updownarrow \quad (3.70)$$

Реалізуювши систему рівнянь відносно $\hat{a}_0$ і $\hat{a}_1$, отримаємо:

$$\begin{aligned} \hat{a}_0 &= 2S_t^{[1]}(y) - S_t^{[2]}(y); \\ \hat{a}_1 &= \frac{\alpha}{1-\alpha} [S_t^{[1]}(y) - S_t^{[2]}(y)]. \end{aligned} \quad \updownarrow \quad (3.71)$$

Прогноз розраховується за формулою

$$\hat{y}_{t+p} = \hat{a}_0 + p \hat{a}_1. \quad (3.72)$$

де p - величина горизонту прогнозу.

Помилка прогнозу розраховується за такою формулою:

$$\hat{\sigma}_{\hat{y}_{t+1}} = \sigma_{\varepsilon} \sqrt{\frac{\alpha}{(2-\alpha)^3} [1 + 4(1-\alpha) + 5(1-\alpha)^2 + 2\alpha(4-3\alpha)p + 2\alpha^2 p^2]}; \quad (3.73)$$

$$\sigma_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{\sum (\varepsilon_t - \bar{\varepsilon})^2}{k-1}}; \quad \bar{\varepsilon} = \frac{\sum |\varepsilon_t|}{k-1}; \quad \varepsilon_t = y_t - \hat{y}_t;$$

Інтервал довіри визначається таким чином:

- для "передісторії"

$$\hat{y}_{t-1}^{s(n)} = \hat{y}_t \pm \Delta t,$$

де $\hat{y}_t^{s(n)}$ - інтервал довіри - верхній(нижній) в t -ому періоді;

$\hat{y}_t$ - розрахункове значення показника в t -ому періоді;

$$\Delta t = t_T D_{\text{кр}} \sqrt{\frac{(t - \bar{t})^2}{k \left(\frac{\sum t^2}{k} - \bar{t}^2 \right)} + \frac{1}{k}},$$

де t_T - табличне значення t-критерію Стюдента.

$$D_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{k-2}}; \bar{t} = \frac{\sum t}{k};$$

- для прогнозу

$$\hat{\hat{y}}_t = \hat{y}_t \pm \Delta' t; \quad (3.75)$$

$$\Delta' t = t_T D_{\text{кр}} \sqrt{\frac{(t_{k+n} - \bar{t})^2}{k \left(\frac{\sum t^2}{k} - \bar{t}^2 \right)} + \frac{1}{k} + 1}.$$

Квадратичне рівняння

$$\hat{y} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2. \quad (3.76)$$

Експоненціальні середні визначаються за формулами

$$\left. \begin{aligned} S_t^{[1]}(y) &= \alpha y_t + (1-\alpha) S_{t-1}^{[1]}(y) \\ S_t^{[2]}(y) &= \alpha S_t^{[1]}(y) + (1-\alpha) S_{t-1}^{[2]}(y) \\ S_t^{[3]}(y) &= \alpha S_t^{[2]}(y) + (1-\alpha) S_{t-1}^{[3]}(y) \end{aligned} \right\} \quad (3.77)$$

Початкові умови визначаються за формулами

$$\left. \begin{aligned} S_1^{[1]}(y) &= a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} a_1 + \frac{(1-\alpha)(2-\alpha)}{2\alpha^2} a_2 \\ S_1^{[2]}(y) &= a_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} a_1 + \frac{(1-\alpha)(3-2\alpha)}{\alpha^2} a_2 \\ S_1^{[3]}(y) &= a_0 - \frac{3(1-\alpha)}{\alpha} a_1 + \frac{3(1-\alpha)(4-3\alpha)}{2\alpha^2} a_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.78)$$

Як і для лінійного рівняння коефіцієнти $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$ відповідають параметрам рівняння (3.76) і визначаються за допомогою методу найменших квадратів.

Для зв'язку коефіцієнтів $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$ з експоненціальними середніми використовується система рівнянь

$$\left. \begin{aligned} S_1^{[1]}(y) &= \hat{a}_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} \hat{a}_1 + \frac{(1-\alpha)(2-\alpha)}{2\alpha^2} \hat{a}_2 \\ S_1^{[2]}(y) &= \hat{a}_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} \hat{a}_1 + \frac{(1-\alpha)(3-2\alpha)}{\alpha^2} \hat{a}_2 \\ S_1^{[3]}(y) &= \hat{a}_0 - \frac{3(1-\alpha)}{\alpha} \hat{a}_1 + \frac{3(1-\alpha)(4-3\alpha)}{2\alpha^2} \hat{a}_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.79)$$

Розв'язавши систему рівнянь (3.79) відносно $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$, одержимо

$$\begin{aligned}
 a_0 &= 3[S_i^{(1)}(y) - S_i^{(2)}(y)] + S_i^{(3)}(y) \\
 a_1 &= \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [6 - 5\alpha] S_i^{(1)}(y) - 2(5 - 4\alpha) S_i^{(2)}(y) + (4 - 3\alpha) S_i^{(3)}(y) \\
 a_2 &= \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} [S_i^{(1)}(y) - 2S_i^{(2)}(y) + S_i^{(3)}(y)]
 \end{aligned}
 \tag{3.80}$$

Прогноз розраховується за формулою

$$\hat{a}_{t+p} = \hat{a}_0 + p \hat{a}_1 + \frac{1}{2} p^2 \hat{a}_2. \tag{3.81}$$

Помилка прогнозу визначається за формулою

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\varepsilon_t} &= \sigma_{\varepsilon_t} \sqrt{2\alpha + 3\alpha^2 + 3\alpha^3 p} \\
 \sigma_{\varepsilon_t} &= \sqrt{\frac{\sum (\varepsilon_t - \bar{\varepsilon})^2}{k-1}}; \quad \bar{\varepsilon} = \frac{\sum |\varepsilon_t|}{k-1}; \quad \varepsilon_t = y_t - \hat{y}_t
 \end{aligned}
 \tag{3.82}$$

Інтервал довіри для квадратичного рівняння визначається таким чином, що і для лінійного, тобто за формулами (3.74, 3.75).

При побудові прогнозу методом експоненціального згладжування однією з проблем є вибір оптимального значення параметра згладжування α .

Точного методу для вибору величини α на даний момент невідомо. Автор методу експоненціального згладжування англійський вчений Р.Г.Браун рекомендує таку формулу для розрахунку α .

$$\alpha = \frac{2}{m+1}, \tag{3.83}$$

де m - число рівнів, що входять в інтервал прогнозування.

Для прогнозу на п'ять років $\alpha = \frac{2}{5+1} = 0,33$. Це число у більшості випадках округлюється до 0,35.

Для ілюстрації використання методу експоненціального згладжування в прогнозуванні для прикладу використаємо дані, подані в табл. 3.15.

Перед тим, як проводити експоненціальне згладжування, необхідно перевірити, яким рівнянням – лінійним чи квадратичним краще описується тенденція змін динамічного ряду. Виходячи з методу “прогноз екс-пост”, всі раніше зроблені розрахунки будуть проводитись на основі даних за 11 років ($t=1+k$); прогноз – на основі даних $t=12+n$ ($k=11$; $n=16$; $p=n-k=16-11=5$).

В табл.3.16 наведені значення параметрів і статистичних характеристик рівнянь, отриманих на основі реалізації методу найменших квадратів і розрахунків за відповідними формулами (3.42; 3.43; 3.45; 3.46; 3.47; 3.48).

Таблиця 3.15 - Виробництво продукції на одного працівника

t	Виробництво продукції на 1 чол., т.(y)	t	Виробництво продукції на 1 чол., т.(y)	t	Виробництво продукції на 1 чол., т.(y)
1	1946	7	2515	13	3790
2	1929	8	2746	14	4010
3	1979	9	2835	15	4250
4	2000	10	3122	16	4495
5	2156	11	3295		
6	2294	12	3520		

Таблиця 3.16 - Параметри і статистичні характеристики рівнянь

Параметри і статистичні характеристики	Рівняння:	
	$\hat{y} = a_0 + a_1 t$	$\hat{y} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$
1. Параметри рівняння		
1.1 a_0	1568,6727	1891,4606
1.2 a_1	144,8727	- 4,1063
1.3 a_2	-	12,4149
2. Характеристики рівнянь		
2.1. Коефіцієнт кореляції (кореляційне співвідношення)	0,968	0,995
2.2. Середня помилка апроксимації	4,49	1,59
2.3. Середнє абсолютне відхилення	101,58	38,75
2.4. Середнє відносне відхилення, %	4,45	1,59
2.5. Середнє квадратичне відхилення між фактичними і розрахунковими даними:		
а) абсолютне	119,01	46,42
б) відносне, %	4,45	1,59

Порівняння статистичних характеристик свідчить про те, що квадратичне рівняння більш адекватно відображає процес ніж лінійне.

В практичних розрахунках всі обчислення слід вести за квадратичним рівнянням. Однак для наочності і аналізу результати розрахунків будуть представлені як для квадратичного, так і для лінійного рівняння.

Оскільки прогноз буде проводитись на п'ять років, то $\alpha=0,35$.

Лінійне рівняння $\hat{y} = a_0 + a_1 t$.

На основі формули (3.69) обчислимо початкові умови

$$S_1^{[1]}(y) = 1568,6727 - \frac{1-0,35}{0,35} \cdot 144,8727 = 1299,6234;$$

$$S_1^{[2]}(y) = 1568,6727 - \frac{2(1-0,35)}{0,35} \cdot 144,8727 = 1030,5740.$$

У відповідності з формулою (3.66) обчислимо експоненціальні середні для всіх $t=2 \div 11$

$$S_2^{[1]}(y) = 0,35 \cdot 1929 + (1-0,35) \cdot 1299,6234 = 1519,9052;$$

$$S_2^{[2]}(y) = 0,35 \cdot 1519,9052 + (1-0,35) \cdot 1030,5740 = 1201,8399.$$

і т.д. до отримання даних про експоненціальні середні $S_{11}^{[1]}$ та $S_{10}^{[2]}$.

За формулами (3.71) знайдемо коефіцієнти $\hat{a}_0$ та $\hat{a}_1$

$$t=1 \quad \hat{a}_0 = 2 \cdot 1299,6234 - 1030,574 = 1568,6727$$

$$\hat{a}_1 = \frac{0,35}{1-0,35} [1299,6234 - 1030,5740] = 144,8727$$

$t=2$

$$\hat{a}_0 = 2 \cdot 1519,9052 - 1201,8399 = 1837,9705$$

$$\hat{a}_1 = \frac{0,35}{1-0,35} [1519,9052 - 1201,8399] = 171,2659$$

і т.д. до $t=11$.

Згладжений вирівняний динамічний ряд в “передісторії”, отриманий за допомогою експоненціального згладжування, обчислюється за формулою (3.72) при $p=1$ та $t \neq 2 \div k$.

При побудові прогнозу за формулою (3.72) значення $\hat{a}_0$ та $\hat{a}_1$ приймається за рівнем $t=k$ і постійні для всього горизонту прогнозу ($k+1$; $k+2$; $k+3$ і т.д.). Отже, в формулі змінюється тільки величина p , яка приймає послідовно значення 1;2;3;4 і т.д. в залежності від величини горизонту прогнозу.

Звідси, за формулою (3.72), прогнозні значення дорівнюють:

$$\hat{y}_{k+1} = 3273,2515 + 1 \cdot 178,5060 = 3452;$$

$$\hat{y}_{k+2} = 3273,2515 + 2 \cdot 178,5060 = 3630;$$

$$\hat{y}_{k+3} = 3273,2515 + 3 \cdot 178,5060 = 3809;$$

$$\hat{y}_{k+4} = 3273,2515 + 4 \cdot 178,5060 = 3987;$$

$$\hat{y}_{k+5} = 3273,2515 + 5 \cdot 178,5060 = 4166.$$

Значення $\hat{a}_0$ та $\hat{a}_1$ для $t = k = 11$ містяться в табл. 3.17

В табл. 3.17; 3.18; 3.19 наведені результати розрахунків за допомогою методу експоненціального згладжування на основі лінійного рівняння $y = a_0 + a_1 t$.

Таблиця 3.17 - Послідовне вирівнювання даних “передісторії” динамічного ряду за методом експоненціального згладжування на основі рівняння $\hat{y} = a_0 + a_1 t$

Т	Експоненціальні середні		Оцінювання коефіцієнтів		Фактичне значення показника	Згладжене значення показника	Відхилення
	$S_t^{[1]}(y)$	$S_t^{[2]}(y)$	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_1$	Y_t	$\hat{y}_t$	$Y_t - \hat{y}_t$ (гр6-гр7)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1299,6324	1030,5740	1568,6727	144,8727	1946	-	-
2	1519,9052	1201,8399	1837,9705	171,2659	1929	1714	215
3	1680,9052	1369,4019	1991,7749	167,5620	1979	2009	-30
4	1792,3824	1517,4451	2067,3298	148,0432	2000	2159	-159
5	1919,6486	1658,2163	2181,0809	140,7712	2156	2215	-59
6	2050,6716	1795,5757	2305,7675	137,3593	2294	2322	-28
7	2213,1865	1941,7395	2484,6336	146,1638	2515	2443	72
8	2399,6712	2102,0156	2697,3269	160,2761	2746	2631	115
9	2552,0363	2259,5228	2844,5498	157,5073	2835	2858	-23
10	2751,5236	2431,7231	3071,3241	172,2003	3122	3002	120
11	2941,7403	2610,2291	3273,2515	178,5060	3295	3244	51

Таблиця 3.18 - Прогноз виробітку продукції на одного працівника за методом експоненціального згладжування

Період	Прогноз, т.	Інтервал довіри, т.		Помилка прогнозу, т.
		верхній	нижній	
1	2	3	4	5
1	3452	3766	3138	211
2	3630	3945	3315	246
3	3809	4125	3492	280
4	3987	4305	3670	316
5	4166	4485	3847	351

Таблиця 3.19 - Порівняння фактичних даних з прогнозованими значеннями

Період	Фактичні значення, т. y_t	Прогнозні значення, т. $\hat{y}_t$	Відхилення	
			абсолютне (гр2-гр3), т.	відносне (гр4/гр2)100
1	2	3	4	5
1	3520	3452	68	1,94
2	3790	3610	160	4,21
3	4010	3809	201	5,02
4	4250	3987	263	6,18
5	4495	4166	329	7,32
Середнє значення			204	4,93

Квадратичне рівняння $\hat{y} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$.

Всі розрахунки для квадратичного рівняння, особливо розрахунки початкових умов, експоненціальних середніх, коефіцієнтів a_0, a_1, a_2 та ін. здійснюються за встановленими формулами і в тій же послідовності, що і для лінійного рівняння.

За формулою (3.78) розрахуємо початкові умови:

$$S_1^{(1)}(y) = 1891,4606 - \frac{1-0,35}{0,35} \cdot (-4,1063) + \frac{(1-0,35)(2-0,35)}{2 \cdot 0,35^2} \cdot 12,4149 = 1953,4335;$$

$$S_1^{(2)}(y) = 1891,4606 - \frac{2(1-0,35)}{0,35} \cdot (-4,1063) + \frac{(1-0,35)(3-2 \cdot 0,35)}{0,35^2} \cdot 12,4149 = 2058,225;$$

$$S_1^{(3)}(y) = 1891,4606 - \frac{3(1-0,35)}{0,35} \cdot (-4,1063) + \frac{3(1-0,35)(4-3 \cdot 0,35)}{2 \cdot 0,35^2} \cdot 12,4149 = 2205,833.$$

Експоненціальні середні за період $t=2 \div 11$ знайдемо за формулою (3.77)

$$S_2^{[1]}(y) = 0,35 \cdot 1929 + (1 - 0,35) \cdot 1953,4335 = 1944,8818;$$

$$S_2^{[2]}(y) = 0,35 \cdot 1944,8818 + (1 - 0,35) \cdot 2058,2252 = 2018,5550;$$

$$S_2^{[3]}(y) = 0,35 \cdot 2018,5550 + (1 - 0,35) \cdot 2205,8357 = 2140,2875.$$

і аналогічно до одержання результатів розрахунків $S_{11}^{[1]}, S_{11}^{[2]}, S_{11}^{[3]}$.

За формулою (3.80) визначимо коефіцієнти $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$ $t=1$

$$\hat{a}_0 = 3[1953,4335 - 2058,2252] + 2205,8357 = 1891,4606$$

$$\hat{a}_1 = \frac{0,35}{2[1 - 0,35]^2} \left[(6 - 5 \cdot 0,35) \cdot 1953,4335 - 2(5 - 2 \cdot 0,35) \cdot 2058,2252 + (4 - 3 \cdot 0,35) \cdot 2205,8357 \right] = -4,1063$$

$$\hat{a}_2 = \frac{0,35^2}{(1 - 0,35)^2} [1953,4335 - 2 \cdot 2058,2252 + 2205,8357] = 12,4149$$

$$\hat{a}_0 = 3[1944,8818 - 2018,5550] + 2140,2875 = 1919,2678;$$

$$\hat{a}_1 = \frac{0,35}{2[1 - 0,35]^2} \left[(6 - 5 \cdot 0,35) \cdot 1944,8818 - 2(5 - 2 \cdot 0,35) \cdot 2018,5550 + (4 - 3 \cdot 0,35) \cdot 2140,2875 \right] = 19,0531;$$

$$\hat{a}_2 = \frac{0,35}{2[1 - 0,35]^2} [1944,8818 - 2 \cdot 2018,5550 + 2140,2875] = 13,9343.$$

і так далі до $t=11$.

Аналітично, як і для лінійного рівняння нагадаємо, що згладжений (вирівняний) динамічний ряд в "передісторії", отриманий за допомогою експоненціального згладжування, розраховується за формулою (3.81) при $p=1$, а $t=2+k$.

При побудові прогнозу виконуються ті ж самі правила, що і для лінійного рівняння, тобто в формулі (3.81) значення $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$ приймаються за рівнем $t=k+1$ і постійні для всього періоду ($k+1$; $k+2$; $k+3$; і т.д.) В формулі (3.81) змінюється тільки величина p , яка послідовно приймає значення 1; 2; 3 і т.д. в залежності від горизонту прогнозування.

Результати розрахунків за методом експоненціального згладжування на основі квадратичного рівняння наведені в табл. 3.20; 3.21; 3.22.

Таблиця 3.20 - Послідовність вирівнювання даних “передісторії” динамічного ряду за методом експоненціального згладжування на основі рівняння

y_t	Експоненціальні середні			Оцінки коефіцієнтів			Фактичне значення показника y_t	Згладжене значення показника $\hat{y}_t$	Відхилення $y_t - \hat{y}_t$ (гр8-гр9)
	$S_t^{[1]}(y)$	$S_t^{[2]}$	$S_t^{[3]}$	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_1$	$\hat{a}_2$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1953,4335	2058,2252	2205,8357	1891,4606	-4,1063	12,4149	1946	-	-
2	1944,8818	2018,5550	2140,2875	1919,2678	19,0531	13,9343	1929	1894	35
3	1956,8232	1996,9489	2090,1190	1969,7418	43,2084	15,3797	1979	1945	34
4	1971,9351	1988,1940	2054,4452	2005,6683	52,3303	14,4948	2000	2021	-21
5	2036,3578	2005,0513	2037,1574	2131,0767	93,3406	18,3859	2156	2065	91
6	2126,5326	2047,5698	2040,8017	2277,6901	130,7327	20,9322	2294	2235	59
7	2262,4962	2122,7940	2069,4990	2488,6055	180,8046	25,0530	2515	2419	96
8	2431,7225	2230,9190	2125,9960	2728,4066	225,2808	27,7997	2746	2682	64
9	2572,8696	2350,6017	2204,6080	2871,4118	212,8817	22,1150	2835	2968	-133
10	2765,0653	2495,6640	2306,4776	3114,6815	243,0764	23,2576	3122	3095	27
11	2950,5424	2654,8714	2428,4154	3315,4214	243,17808	20,0683	3295	3369	-74

Таблиця 3.21 - Прогноз виробітку продукції на одного працюючого за методом експоненціального згладжування

Період	Прогноз, т	Інтервал довіри, т.		Помилка прогнозу, т.
		верхній	нижній	
1	2	3	4	5
1	3569	3692	3447	73
2	3843	3966	3720	77
3	4137	4260	4014	80
4	4451	4575	4327	84
5	4785	4909	4661	87

Таблиця 3.22 - Порівняння фактичних даних з прогнозованими значеннями

Період	Фактичні значення, т. $\hat{y}$	Прогнозовані значення, т. $\hat{y}_t$	Відхилення	
			абсолютне, т. (гр2-гр3)	відносне (гр4/гр2) · 100
1	2	3	4	5
1	3520	3569	-49	-1,40
2	3790	3843	-53	-1,40
3	4010	4137	-127	-3,17
4	4250	4451	-201	4,73
5	4495	4785	-290	-6,46
Середнє значення			-144	-3,43

Таблиця 3.23 - Порівняння фактичних і прогнозних значень, розрахованих на основі часового тренда

Період	Фактичне значення, т. y_t	$y = a_0 + a_1 t$			$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$		
		Прогноз, т. $\hat{y}_t$	Відхилення		Прогноз, т. $\hat{y}_t$	Відхилення	
			абсолютне, т. (гр2-гр3)	відносне, т. (гр4/гр2) · 100		абсолютне, т. (гр2-гр6)	відносне (гр7/гр2) · 100
1	2	3	4	5	6	7	8
1	3520	3307	213	6,05	3630	-110	-3,12
2	3790	3452	338	8,92	3936	-146	-3,86
3	4010	3597	413	10,30	4267	-257	-6,42
4	4290	3742	508	11,96	4623	-373	-8,78
5	4495	3887	608	13,53	5004	-509	-11,32
Середнє значення			416	10,15	-	-279	-6,7

Наявність параметрів лінійного і квадратичного рівнянь, що розраховуються для визначення початкових умов (див. табл. 3.16), дозволяє застосовувати їх для побудови прогнозу на основі використання часового тренда. В табл.3.23 дані оцінки результатів такого прогнозу.

За даними табл.3.19; 3.22; 3.23. проведемо порівняльне оцінювання всіх варіантів прогнозу з використанням відносного відхилення фактичних значень показника від прогнозованих значень (табл.3.24)

Таблиця 3.24 - Порівняльне оцінювання варіантів прогнозу на підставі відносних відхилень між фактичними і прогнозованими значеннями досліджуваного показника (%)

Період	Експоненціальне згладжування		Часовий тренд	
	$y = a_0 + a_1 t$	$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$y = a_0 + a_1 t$	$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$
1	2	3	4	5
1	1,94	-1,40	-6,05	-3,12
2	4,21	-1,40	8,92	-3,86
3	5,02	-3,17	10,90	-6,42
4	6,18	-4,73	11,96	-8,78
5	7,32	-6,46	13,53	-11,32
Середнє значення	4,93	-3,43	10,15	-6,7

Аналіз даних табл.3.24 свідчить про те, що метод експоненціального згладжування забезпечує значно більш високу (в два рази) точність прогнозу, у порівнянні з прогнозом, що був побудований на основі часового тренду.

Як і слід було очікувати зі значень статистичних характеристик (табл.3.16), використання квадратичного рівняння сприяє отриманню прогнозу більш якісного як в одному, так і в іншому випадку, тобто обома методами.

Разом з тим не можна однозначно вважати, що у всіх випадках метод експоненціального згладжування має переваги перед трендом.

Глава 4

Моделювання як метод прогнозування

4.1 Поняття і сутність моделювання як інструментарію прогнозування

Моделювання - це наукова теорія побудови і реалізації моделей, за допомогою яких досліджуються явища і процеси в природі і суспільному житті. Досліджуючи будь-яке явище (процес, об'єкт), ми будемо у свідомості їх моделі. Ось чому кожна наукова робота – це по суті моделювання: створення моделей в лабораторних установах, створення графічних моделей у вигляді схем і креслень, побудова математичних моделей.

Модель – це умовне зображення об'єкта, що відбиває його найістотніші характеристики, які необхідні для проведення дослідження.

Економічна модель відображає взаємозв'язок окремих параметрів явищ і процесів економічного життя.

Будь-яка модель виконує в першу чергу прогностичну функцію, без якої побудова її була б недоцільною для теорії і тим більше для практичного використання.

В економічному прогнозуванні модель замінює неіснуючий процес (явище, об'єкт), і тому стає єдиним інструментом перевірки гіпотези про 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 щось 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. Значення моделі у вивченні навколишнього світу полягає в тому, що вона повинна бути проміжною ланкою між теорією і дійсністю, схематично спрощуючи останню.

Побудова економіко-математичних моделей – складний процес. Він потребує від дослідника глибоких знань економічної теорії, предмета

дослідження, математичного інструментарію. Досвід показує, що високий рівень економіко-математичного моделювання під силу лише економістам, які вміло володіють математичним апаратом. Економіко-математична модель має пізнавальну і практичну цінність, якщо вона відповідає певним вимогам:

- опирається на основні положення економічної теорії;
- адекватно відображає реальну економічну дійсність;
- враховує найбільш важливі фактори, які визначають рівень досліджуваних показників;
- відповідає встановленим критеріям;
- дозволяє отримати такі знання, які до її реалізації були невідомими;
- бути достатньо абстрактною, щоб допустити варіювання великим числом змінних, але не настільки, щоб виникли сумніви в її надійності і практичній корисності отриманих результатів;
- задовольняти умови, які обмежують строк розв'язування задачі;
- дозволяє реалізувати її існуючими засобами.

За характером взаємозв'язку прогнозованого (або аналізованого) 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 являють собою систему рівнянь, які спільно розв'язуються з орієнтацією на заданий оптимум.

В свою чергу детерміновані моделі діляться на балансові і моделі оптимального планування.

Моделі оптимального планування являють собою систему рівностей (нерівностей), які відображають умови певної задачі і цільову функцію. До таких моделей відносять моделі оптимального програмування (лінійного, нелінійного, динамічного тощо).

Стохастичні моделі описуються ймовірними (стохастичними) залежностями, про що згадувалося у п.3.2.1.

Стохастичні моделі ґрунтуються лише на законах теорії ймовірності. При побудові цих моделей досліджуваний процес умовно розглядається як детермінований, але в модель вводять елементи оцінювання ймовірності отримання певного результату.

До стохастичних моделей відносять в першу чергу моделі, які базуються на принципі вирівнювання статистичних рядів. Це, так звані, факторні моделі, де рівень результативної ознаки (функції) визначається впливом факторіальних ознак (аргументів).

Факторні моделі можуть включати різну кількість змінних величин і відповідних їм параметрів.

Найпростішими видами факторних моделей є однофакторні. В цьому випадку аналіз і прогноз досліджуваного показника здійснюється в залежності від однієї факторіальної ознаки. Різновидністю однофакторної моделі є часовий тренд.

На відміну від однофакторної моделі багатофакторна модель дозволяє одночасно враховувати вплив двох або більше факторів на рівень і динаміку аналізованого (прогнозованого) показника.

За масштабом дослідження розрізняють макро- і мікроекономічні моделі.

Перші орієнтовані на прогнозування макроекономічних показників (валовий національний дохід, інфляція, безробіття та ін.), другі – на мікроекономічні показники (попит і пропозиція, ціни на окремі види товарів, витрати виробництва, прибуток та ін.).

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 не можуть бути виражені кількісно, а про інші неможливо отримати інформацію. 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. Економіко-статистичне моделювання нерідко отожднюють з економетрією.

Однією із форм економіко-статистичного моделювання є кореляційне моделювання. Суть його полягає в тому, щоб знайти математичний вираз (формулу), який відображає зв'язок досліджуваного показника і факторів, які його визначають, тобто реалізувати залежність.

$$y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n). \quad (4.1)$$

Історично кореляційне моделювання було першим інструментарієм моделювання економічних процесів.

Кореляційна модель реалізується за допомогою методів кореляції та регресії (кореляційний та регресивний аналіз).

Кореляційний та регресивний аналіз тісно пов'язані між собою. При виконанні передумов кореляційного аналізу одночасно виконуються і передумови регресивного аналізу.

Але проведення регресивного аналізу не пред'являє такі жорсткі вимоги, як проведення кореляційного аналізу. Регресивний аналіз припустимий, якщо навіть початкова інформація не відповідає нормальному закону розподілу, що характерно для техніко-економічних величин. Кореляційний же аналіз оперує з нормальним розподілом випадкових величин. У якості залежної змінної в регресивному аналізі

використовується випадкова змінна, в якості незалежної – не випадкова змінна (змінні).

В економічних дослідженнях використовуються можливості обох напрямків аналізу, і тому метод в цілому отримав назву кореляційного і регресивного аналізу.

Кореляційну модель прийнято називати рівнянням регресії, внаслідок чого економетричною моделлю називають систему регресивних рівнянь і тотожностей.

Весь процес прогнозування на основі економетричних моделей охоплює ряд етапів.

1. Постановка проблеми, її теоретичне і логічне формулювання.
2. Аналіз об'єкта прогнозування.
3. Вибір прогнозованого показника і відбір факторів, які визначають його рівень.
4. Побудова моделі, яка відповідає вимогам логічної і статистичної адекватності.
5. Збір початкових даних і заповнення абстрактної економічної моделі (системи рівнянь) необхідними емпіричними (статистичними) даними.
6. Реалізація моделі за завчасно розробленим алгоритмом і початковою інформацією.
7. Оцінювання якості і надійності параметрів моделі і власне самої моделі.
8. Проведення ретроспективного аналізу на основі інформації "передісторії".
9. Побудова прогнозу на основі відібраної моделі.
10. Оцінювання якості і достовірності прогнозу.
11. Складання пояснювальної записки на основі прогнозу і прийняття за його результатами управлінських рішень.

У загальному весь процес використання економіко-статистичних моделей, як інструментарію прогнозування, можна поділити на дві частини:

- побудова прогностичної моделі, яка відповідає необхідним умовам;
- складання прогнозу на основі використання побудованої моделі.

Застосування економіко-статистичних методів в економічних дослідженнях пов'язано з рішенням цілого ряду складних теоретико-методологічних проблем. І хоча цей метод найбільш ефективний, він найскладніший в прогнозуванні.

4.2 Процес побудови економіко-статистичних моделей

Процес побудови прогностичної моделі включає ряд етапів, послідовність яких подана на рис. 4.1

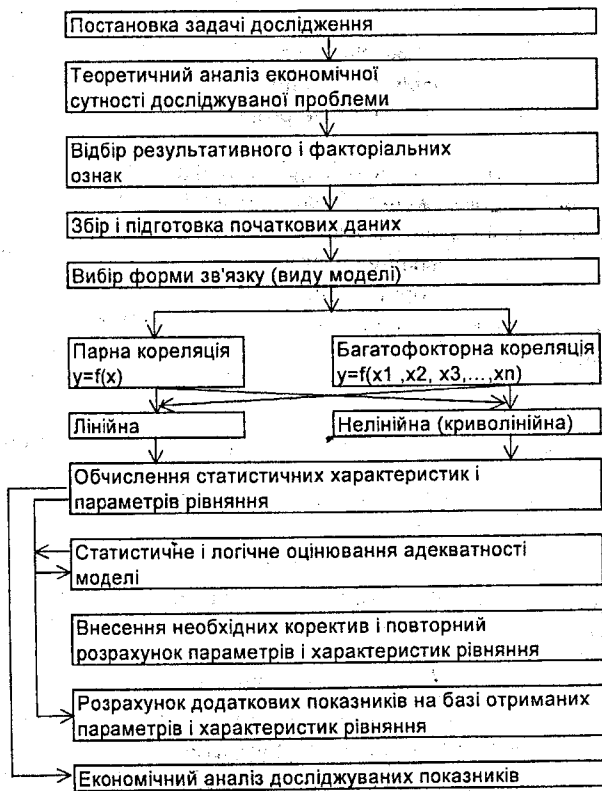


Рисунок 4.1 - Етапи побудови прогностичної моделі.

4.2.1 Постановка проблеми, її теоретичне і логічне формулювання

Рішенню будь-якої проблеми неодмінно передують точно визначена постановка задачі і її формулювання. В постановці задачі повинні міститися мета і призначення дослідження, строки проведення досліджень, замовники результатів дослідження, відповідальні за проведення досліджень.

Коректно, точно сформульована постановка, врахування можливостей реалізації поставленої мети (організаційне, технічне, методичне, математичне, програмне забезпечення, наявність підготовлених кадрів) – усе це сприяє вирішенню поставлених задач.

Усяка постановка проблеми повинна опиратися на фундаментальні теоретичні положення економіки, глибоке знання змістовної основи питання і формулюватися у відповідності з законами, категоріями, природою економічних параметрів (показників).

Складність вирішення поставленої проблеми залежить в першу чергу від масштабності прогнозування (макро- і мікрорівень) і особливості об'єкта прогнозування. Звідси і важливість ретельного аналізу об'єкта прогнозування, який по суті визначає розробку прогностичності моделі і вибір методів її реалізації.

Аналіз об'єктів прогнозування починається вже на стадії передпрогнозних досліджень, коли визначаються цілі та задачі прогнозування. Далі аналіз поглиблюється, стає більш конкретним і детальнішим. Тільки детальний і поглиблений аналіз дозволяє розробити прогностичну модель і вибрати відповідні методи прогнозування. Аналіз об'єкта прогнозування проводиться на всіх етапах побудови і реалізації прогностичної моделі, забезпечуючи при цьому необхідну інформацію для уточнення, корегування моделі, хоча роль його на різних етапах неоднакова.

Якщо процес прогнозування неперервний, то аналіз об'єкта прогнозування також неперервно супроводжує усі етапи розробки прогнозів, здійснюючи прямий і зворотний зв'язок між реальним об'єктом і його прогностичною моделлю.

Глибоке теоретичне і логічне оцінювання проблеми, аналіз об'єкта прогнозування дозволяє забезпечити умови для створення теоретичної моделі, тобто сформулювати теоретичні положення про взаємозв'язок, взаємообумовленість її параметрів.

Опираючись на економічну теорію, дослідник встановлює, які фактори визначають зміни прогнозованого показника і які напрямки їх дій.

Дуже важливо в цьому зв'язку встановити смислове значення знаків при змінних. Між економічними показниками існують певні взаємозв'язки, які випливають з їх змісту, внутрішньої природи. Наприклад, між продуктивністю праці і собівартістю при інших рівних умовах, існує зворотний зв'язок. Тому у рівнянні знак перед фактором продуктивності праці повинен бути від'ємним. Навпаки, в моделі випуску продукції знаки перед факторами виробництва повинні бути додатними. В протилежному випадку можна прийти до абсурдних висновків.

Тому, як це неодноразово зазначалось раніше, моделювання повинно опиратися на глибокі фундаментальні знання економічної теорії і об'єкта прогнозування. Ніякі математичні хитрощі не допоможуть отримати об'єктивні знання про реальні процеси. За висловленням Гекслі, "математика, подібно жорнам, перемелює те, що під них засипають, і як, засипаючи лободу, ви не отримаєте пшеничної муки, так, списуючи цілі сторінки формулами, ви не отримаєте істини із неправдивих передумов".

4.2.2 Відбір системи показників моделі - результативного і факторіальних

Найважливішим етапом побудови прогностичної моделі є науково-

обґрунтований відбір аналізованого (прогнозованого) показника і системи факторів. Склад факторів визначає логічну структуру економіко-статистичної моделі. Вибір системи показників, які включені в прогнозну модель, повинен ґрунтуватися, як це зазначалося у п.4.2.1. параграфі, на ретельному якісному аналізі змісту досліджуваного явища (процесу, об'єкта), рушійних силах його розвитку, характері найважливіших причинно-наслідкових взаємозв'язках, природі формування останніх.

У якості прогнозованого показника рекомендується брати показник, який у значній мірі відображає прогнозоване явище.

У якості факторних ознак слід вибирати показники, які визначають суть, зміст, рівень прогнозованих явищ.

Рівень більшості економічних показників визначається впливом значного числа різних 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: одні кевимірні, за іншими неможливо отримати інформацію, треті – завчасно відомо, що слабо впливають на прогнозований показник. Нарешті, 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.

В модель слід включити головним чином основні найбільш значні фактори, які визначені на основі теорії або научних гіпотез. Щоб виключити суб'єктивне оцінювання ролі окремих факторів, застосовується двостадійний відбір факторів. На першій стадії в модель включаються усі передбачені фактори; на другій – шляхом кількісного і якісного аналізу відсіюються незначні фактори.

До включених в модель факторів пред'являються певні умови:

по-перше, фактори, які входять у склад моделі, повинні знаходитися у причинно - наслідкових зв'язках з досліджуваним показником. Такі зв'язки встановлюються на основі внутрішньої логіки досліджуваного процесу. Відсутність же таких зв'язків, які обґрунтовуються, як відмічалося вище, економічною теорією, веде до так званої "фальшивої кореляції".

Якщо дослідження ведуться у малодослідженій області 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. Реалізація моделей на емпіричних даних дозволяє підтвердити або навпаки, спростувати висунуту гіпотезу. Відсутність теоретичних даних не повинно перешкоджати вивченню причинно - наслідкових взаємозв'язків в малодосліджуваних областях;

по-друге, усі включені в модель фактори повинні бути кількісно вимірювані, оскільки процедура реалізації моделей передбачає дії тільки з кількісними ознаками. Змінні можуть бути виражені у різних одиницях вимірювання: натуральних, вартісних, трудових; абсолютних та відносних;

по-третє, включені в модель фактори не повинні знаходитися між собою у тісному взаємозв'язку. Такий взаємозв'язок називається мультиколінеарним.

Наявність мультиколінеарності перешкоджає встановленню дійсного впливу кожного фактора на прогнозований показник. В такому випадку система нормальних рівнянь стає виродженою і отримані результати не можна вважати надійними.

Для визначення мультиколінеарності розраховується система парних коефіцієнтів кореляції, які відображають тісноту зв'язку пар факторів, що входять в модель:

В практичних цілях рекомендується вважати зв'язок мультиколінеарним, якщо коефіцієнт парної кореляції між двома факторами за абсолютною величиною дорівнює або більше 0,8. Оскільки вказана межа значення коефіцієнта парної кореляції визначена довільно і нічим не обгрунтована, існують спроби певним чином обгрунтувати межі мультиколінеарності.

Рекомендується вважати відсутність мультиколінеарності, якщо виконуються такі умови:

$$r_{0i} > r_{ij}; \quad r_{0j} > r_{ij}, \quad (4.2)$$

де r_{0i} – індекс досліджуваного показника;

i, j – індекси факторів;

по-четверте, в модель не допускається включення факторів, якщо один з них являється частиною другого.

Наприклад, якщо досліджується залежність продуктивності праці від озброєності праці, то в модель неприпустимо одночасно включати показники фондоозброєності і механооснащеність. В такій же мірі не можна одночасно включати в модель як самостійні фактори вартість усіх основних фондів і вартість промислово - виробничих основних фондів;

по-п'яте, в модель не можна включати фактори, які у певному сполученні функціонально взаємопов'язані з досліджуваними показниками.

Враховуючи, що добуток кількості працюючих і продуктивності праці є не що інше, як обсяг продукції, вказані фактори не можуть бути одночасно включені у модель, яка досліджує випуск продукції;

по-шосте, кожний фактор може бути включений у модель тільки однією ознакою: натуральною або вартісною, абсолютною або відносною. При недотриманні цих умов моделі, а точніше їх параметри, не мають економічної інтерпретації;

по-сьоме, слід завжди прагнути використовувати в моделі мінімальну, але достатню кількість факторів (принцип простоти). Але неприпустима і інша крайність – довести кількість факторів до такого ступеня, що вона, тобто модель, перестає відображати основні властивості моделюючої системи (процесу, явища, об'єкта);

по-восьме, у модель слід включати по можливості “первинні фактори”, тобто абсолютні величини, які не пройшли додаткової обробки. Фактори, що включені в модель, повинні мати економічну суть і придатний для практичних розрахунків зміст;

нарешті, по-дев'яте, доступність і достовірність даних. Немає смислу відбирати для аналізу і прогнозування фактори, про які не можна отримати достовірні дані.

4.2.3 Вибір і обґрунтування форми зв'язку

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 кореляційної моделі, тобто алгебраїчного рівняння, яке графічно може бути зображено у вигляді прямої чи то якогось типу кривої (парна кореляція) або багатовимірний простір (множинна кореляція).

Із багатьох алгебраїчних рівнянь необхідно вибрати таку модель, яка відповідала б певним умовам:

- по-перше, як це вже відмічалось, модель повинна будуватися на базі економічної теорії і відображати об'єктивні закономірності і особливості досліджуваних процесів;

- по-друге, за своїм змістом 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 певні математичні вимоги (повнота, однорідність розмірності і т.д.)

- по-п'яте, бажано, щоб модель була порівняно проста для реалізації і зручною для розрахунку ряду додаткових параметрів, які мають чітко окреслений економічний зміст і інтерпретація яких значно підвищує аналітичні можливості кореляційних моделей.

Установлення форми зв'язку для економіко-статистичних моделей, в першу чергу багатофакторних, значно складніше у порівнянні з рівнянням тренда.

Це пов'язано з тим, що багатофакторні моделі характеризуються складними взаємозв'язками і взаємозалежностями окремих показників, які входять в модель.

Тому при встановленні форми зв'язку найбільш точно і достовірно її характер відображає не підібрані за певними кількісними критеріями моделі, а апробовані на реальній економічній основі моделі.

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.

Разом з тим не можна дотримуватися одного виду рівняння, оскільки будь-який зв'язок може бути описаний декількома видами рівнянь (останнє стосується головним чином парних моделей).

При підборі виду моделі необхідно, аналогічно рівнянням тренда, вирішити два питання: чи логічно і статистично відібрана модель адекватна реальним процесам.

Потреби логічної і статистичної адекватності моделі впливають із єдності якісного і кількісного опису досліджуваного об'єкта.

Статистична адекватність явно недостатня для практичного застосування моделі. Якщо модель демонструє явне протиріччя з економічною теорією, вона повинна виключатися з подальших досліджень.

Розбіжності між теорією і результатами математичних розрахунків свідчать про некоректність вибору рівняння. І тільки єдність якісної і кількісної сторін об'єкта (логічна і статистична адекватність) робить модель придатною для практичних розрахунків. У протилежному випадку вона не має теоретичного і практичного значення.

Нерідкі випадки, коли декілька моделей, не порушуючи логічних основ досліджуваного процесу, в різній мірі задовольняють певні статистичні характеристики: одні задовольняють деякі критерії краще, ніж інші, і навпаки. В таких випадках краща функція відбирається дослідником в залежності 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 за все застосовувати такі види багатофакторних моделей:

лінійна

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + \dots + a_n x_n; \quad (4.3)$$

ступенева

$$y = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2} x_3^{a_3} \dots x_n^{a_n}; \quad (4.4)$$

логарифмічна

$$\ln y = a_0 + a_1 \ln x_1 + a_2 \ln x_2 + a_3 \ln x_3 + \dots + a_n \ln x_n, \quad (4.5)$$

яку отримано шляхом логарифмування лівої і правої частин степеневної моделі.

Застосування логарифмічної моделі особливо доцільно при обробці динамічних рядів, оскільки логарифмування початкових даних послаблює автокореляцію у рядах динаміки і наближує розподіл до нормального (суть автокореляції буде описана у наступних параграфах).

Для перерахованих моделей легко формується система нормальних рівнянь, на основі якої визначаються параметри рівнянь a_0 і a_i .

Перевагою моделей (4.3-4.5) є можливість економічної інтерпретації їх параметрів (a_i) і отриманих на їх основі додаткової системи показників, кожний з яких має певний економічний зміст. Параметри рівняння (a_i) і система похідних показників застосовуються не тільки у аналізі, але і у прогнозуванні.

Застосування складних моделей дозволяє інколи покращити статистичні характеристики, але, як показує досвід, для практичного використання їх потрібні нерідко значні корективи, внаслідок чого втрачаються 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.

На відміну від багатofакторних моделей, спектр вибору парних моделей значно ширший. У додатку А подані парні моделі, які широко застосовуються у економічному аналізі і прогнозуванні.

Основні принципи вибору рівнянь єдині, безвідносно чи є модель багатofакторною чи парною, хоча для останніх є деякі особливості. По-перше, значно простіше визначити природу взаємозв'язків двох економічних показників, ніж декількох; по-друге, парні залежності можна відобразити графічно і тим самим розширити знання про характер взаємозв'язків.

Вибір необхідного рівняння із сукупності парних моделей слід, аналогічно вибору рівняння тренда, проводити у два етапи. На першому етапі, базуючись на знанні природи взаємозв'язку досліджуваних явищ, визначається лише клас рівняння. Вибір кращого рівняння, з точки зору дослідника, здійснюється шляхом порівняння ряду статистичних характеристик.

4.2.4 Розрахунок параметрів і характеристик моделі. Змістовна інтерпретація параметрів і характеристик моделі

Параметри рівнянь (a_0 , a_i) розраховуються методом найменших квадратів, який передбачає мінімізацію суми квадратів відхилень між фактичними і розрахунковими значеннями функції (див. формулу 3.38).

Для визначення параметрів складається і реалізується система нормальних рівнянь.

Система нормальних рівнянь для парних моделей складається аналогічно як і для рівнянь тренда (див. 3.40; 3.41).

Система нормальних рівнянь для багатofакторних рівнянь має такий вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma y &= na_0 + a_1 \Sigma x_1 + a_2 \Sigma x_2 + \dots + a_n \Sigma x_n; \\ \Sigma x_1 y &= a_0 \Sigma x_1 + a_1 \Sigma x_1^2 + a_2 \Sigma x_1 x_2 + \dots + a_n \Sigma x_1 x_n; \\ \Sigma x_n y &= a_0 \Sigma x_n + a_1 \Sigma x_1 x_n + a_2 \Sigma x_2 x_n + \dots + a_n \Sigma x_n^2. \end{aligned} \right\} \quad (4.6)$$

Логарифмічні і степеневі моделі слід спочатку перетворити у лінійні рівняння. Для цього степенева модель перетворюється у логарифмічну шляхом логарифмування лівої і правої частин моделі, а потім, умовно позначивши $\ln y = u$, а $\ln x_i = v_i$, отримуємо лінійне рівняння

$$U = a_0 + a_1 v_1 + a_2 v_2 + a_3 v_3 + \dots + a_n v_n. \quad (4.7)$$

У лінійних рівняннях (4.3) коефіцієнти при невідомих (a_i), які називають коефіцієнтами 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 частіше всього оцінюються у різних одиницях вимірювання, то для усунення різнорозмірності і оцінки співвідношення між кожним фактором і досліджуваним показником за допомогою відносних величин, визначається коефіцієнт еластичності. Останній показує, на скільки процентів зміниться функція зі зміною певного фактора на 1% при фіксованому (середньому) значенні інших факторів.

Коефіцієнт еластичності розраховується за формулою

$$E_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{y}. \quad (4.8)$$

Для лінійних багатofакторних моделей коефіцієнт еластичності дорівнює

$$E_i = a_i \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}}. \quad (4.9)$$

У парних лінійних моделях коефіцієнт еластичності розраховується як середня величина з коефіцієнтів еластичності по кожному значенню фактора

$$E_i = \frac{\Sigma e_i \bar{y}_i}{\Sigma \bar{y}_i}, \quad e_i = \frac{\partial y_i}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{y_i} = a_i \frac{\bar{x}}{\bar{y}}, \quad (4.10)$$

хоча не буде особливої помилки при обчисленні коефіцієнта еластичності у парній моделі за формулою (4.9)

У степеневих і логарифмічних моделях (4.4; 4.5) параметри рівняння (a_i) є по суті коефіцієнтами еластичності, тобто $E_i = a_i$.

Дійсно, використавши залежність (4.8), розрахуємо для степеневого рівняння (4.4) коефіцієнт еластичності як приклад для першого фактора:

$$E_1 = \frac{\partial y}{\partial x_1} : \frac{x_1}{y} = a_0 a_1 x_1^{a_1-1} x_2^{a_2} x_3^{a_3} \dots x_n^{a_n} \cdot \frac{x_1}{y}.$$

Оскільки як $x_1^{a_1-1} \cdot x_1 = x_1^{a_1}$ і замінивши знаменник (y) на його значення (див. модель 4.4), отримаємо

$$E_1 = \frac{a_0 a_1 x_1^{a_1} x_2^{a_2} x_3^{a_3} \dots x_n^{a_n}}{a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2} x_3^{a_3} \dots x_n^{a_n}} = a_1 \quad (4.11)$$

Логарифмічна модель впливає з степеневої, тому названі висновки правильні і для неї.

Абсолютний вплив окремих факторів на рівень результативного показника у степеневих і логарифмічних моделях розраховується за формулою:

$$\frac{\partial y}{\partial x_i} = a_i \frac{\bar{y}}{\bar{x}_i} \quad (4.12)$$

Зазначений показник носить назву "додатковий продукт", "гранична продуктивність", "гранична віддача".

Оскільки кожний фактор по своєму впливає на рівень досліджуваного показника, то між взаємозамінними факторами існують певні співвідношення, які дозволяють змінити значення результативного показника (функцію) на одну і ту ж величину.

Зазначені співвідношення, які називаються "граничними нормами заміщення", розраховуються як зворотне співвідношення "граничних продуктів" зі знаком мінус

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} : \frac{\partial y}{\partial x_1} = - \frac{\partial x_1}{\partial x_2} \quad (4.13)$$

Одне із понять, яке використовується при аналізі деяких моделей, є рівняння ізокванти.

Рівняння ізокванти застосовується для обчислення значення одного із факторів при фіксованому значенні функції і решти факторів.

Якщо, наприклад, є модель

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 \quad (4.14),$$

то рівняння ізокванти для фактора x_1 дорівнює

$$x_1 = (y - a_0 - a_2 x_2) : a_1. \quad (4.15)$$

Статистична адекватність економіко-статистичних моделей визначається за допомогою ряду статистичних показників. Найбільш суттєвою оцінкою кожної моделі є встановлення тісноти зв'язку між

фактором (або факторами) і досліджуванім показником.

Показниками тісноти зв'язку є: для парної лінійної моделі – коефіцієнт парної лінійної кореляції; для множинної лінійної моделі – коефіцієнт множинної кореляції; для нелінійних моделей (парних і багатфакторних) – кореляційне відношення.

Коефіцієнт парної кореляції для лінійної моделі розраховується аналогічно формулі (3.42), тобто:

$$r = \frac{n \sum yx - \sum y \sum x}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] \cdot [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (4.16)$$

Коефіцієнт множинної кореляції (R) і кореляційне відношення – для множинних і парних нелінійних моделей (η) розраховуються за формулою (3.43), тобто:

$$R(\eta) = \sqrt{1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4.17)$$

Показники тісноти зв'язку можуть змінюватися в таких інтервалах:

$$\begin{aligned} +1 \geq r &\geq -1; \\ +1 \geq R(\eta) &\geq 0. \end{aligned} \quad (4.18)$$

Границі для оцінювання тісноти зв'язку подані у формулі (3.44)

Коефіцієнт множинної кореляції або множинне кореляційне відношення у квадраті (R^2 , η^2) називається коефіцієнтом детермінації. Останній відображає частку впливу відібраних факторів на величину результативного показника.

Показники: середня помилка апроксимації; середнє квадратичне відхилення між фактичними і розрахунковими значеннями функції – абсолютне і відносне; середнє відхилення між фактичними і розрахунковими значеннями функції – абсолютне і відносне (див. формули: 3.45; 3.46 ; 3.47 ; 3.48), які використовуються для оцінювання рівняння часового тренда, у рівній мірі застосовуються і для оцінювання статистичної адекватності економіко-статистичних моделей.

Для останніх додатково визначається залишкова дисперсія:

$$\delta_{\text{зл}}^2 = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - m - 1} \quad (4.19)$$

де m – число факторів, які включені у модель.

Залишкова дисперсія може бути використана і для оцінювання рівняння часового тренда.

4.2.5 Оцінювання статистичної надійності моделі

Реалізована економіко-статистична модель повинна пройти ретельну перевірку на статистичну надійність. Перевірки підлягають початкові дані, параметри і характеристики моделі і власне сама модель.

Ступінь надійності параметрів і статистичних характеристик моделі є важливою умовою можливості використання її у аналізі і особливо у прогнозуванні. Необхідність статистичного оцінювання рівнянь і параметрів ґрунтується на тому, що дослідник у практичній роботі використовує вибірку сукупності, у той час як висновки за результатами аналізу необхідно поширити на генеральну сукупність.

Оскільки зі зміною обсягу вибіркової сукупності значення параметрів і статистичних характеристик моделей, як правило, коливаються, необхідно з певною ймовірністю бути впевненим, що значення цих показників, по-перше, не будуть рівними нулю у генеральній сукупності (спростування, так званої, "нульової гіпотези") і по-друге, величина їх буде знаходитися в певних інтервалах довіри. Оцінювання надійності параметрів і статистичних характеристик моделі, відома під назвою перевірка істотності, визначається за допомогою t-критерія Стюдента. У загальному t-критерій розраховується як співвідношення значення певного показника і його стандартної помилки.

Так наприклад, t-критерій для коефіцієнта множинної кореляції дорівнює

$$t_R = \frac{R}{\delta_R}, \quad \delta_R = \frac{1-R^2}{\sqrt{n-m-1}}. \quad (4.20)$$

При заданому рівні істотності (λ) можна з імовірністю $P=1-\lambda$ стверджувати, що коефіцієнт множинної кореляції у генеральній сукупності буде знаходитися у інтервалі

$$R - t\delta_R \leq R \leq R + t\delta_R. \quad (4.21)$$

Істотність коефіцієнта регресії за t-критерієм розраховується за формулою

$$t_{a_i} = \frac{a_i}{\delta_{a_i}}, \quad \delta_{a_i} = \sqrt{\delta_{\text{мт}}^2 \cdot C_{ii}}. \quad (4.22)$$

де C_{ii} – i-тий діагональний елемент матриці, яка зворотна до матриці системи нормальних рівнянь.

Інтервал довіри для коефіцієнта регресії розраховується аналогічно коефіцієнта множинної кореляції (умова 4.21)

Істотність рівняння перевіряється за F-критерієм Фішера

$$F = \frac{\delta_y^2}{\delta_{\text{заг}}^2} \begin{cases} \delta_y^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \\ \delta_{\text{заг}}^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2}{n-m-1}. \end{cases} \quad (4.23)$$

Про істотність показників і моделей можна стверджувати в тому випадку, якщо виконується умова:

$$t_p \geq t_T;$$

$$F_p \geq F_T. \quad (4.24)$$

де p, t – індекси слів відповідно “розрахункове” і “табличне”

Складною проблемою при обробці динамічних рядів є автокореляція.

Автокореляція – це зв'язок між послідовними елементами динамічного ряду, тобто зв'язок між рядами

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1} \text{ і } x_2, x_3, x_4, \dots, x_n.$$

Автокореляція не перешкоджає знаходженню зв'язку між досліджуваним показником і факторами, як і визначенню параметрів і статистичних характеристик рівняння, але вона не гарантує надійності рівняння і параметрів та можливості побудови інтервалів довіри. Отже, автокореляція більш “небезпечна” при побудові прогнозу, ніж при проведенні економічного аналізу.

Наявність автокореляції для будь-якого ряду, як +правило, перевіряється за допомогою відношення фон Неймана-Харта

$$N = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (x_{t+1} - x_t)^2}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2} \cdot \frac{n}{n-1}, \quad (4.25)$$

або емпіричного коефіцієнта автокореляції

$$r_L = \frac{\sum_{t=1}^{n-L} x_t x_{t+L} - \left(\sum_{t=1}^{n-L} x_t \right) \left(\sum_{t=L+1}^n x_t \right) \div (n-1)}{\sqrt{\left[\sum_{t=1}^{n-L} x_t^2 - \left(\sum_{t=1}^{n-L} x_t \right)^2 \div (n-1) \right] \left[\sum_{t=L+1}^n x_t^2 - \left(\sum_{t=L+1}^n x_t \right)^2 \div (n-1) \right]}}, \quad (4.26)$$

де n – число елементів вибірки;

L – лаг (як правило $L=1$);

t – індекс року.

Значення відношення (критерія) фон Неймана-Харта, що розраховане за формулою (4.25) порівнюється з табличними оцінками, які приводяться для двох випадків: додатного (N_T^n) і від'ємного N_T^o зв'язків.

Якщо $N < N_T^n$, то існує позитивна автокореляція; якщо $N > N_T^o$ то залежність між відхиленнями від'ємна.

Автокореляція вважається не суттєвою, якщо виконується умова $N_T^n < N < N_T^o$

Якщо розрахований у відповідності з формулою (4.26) емпіричний коефіцієнт автокореляції менше табличного значення та автокореляція рядів динаміки відсутня; в протилежному випадку вона є. В дослідженнях не стільки небезпечна автокореляція початкових (мається на увазі не перетворених) рівнів ряду динаміки, скільки автокореляція залишків, тобто різниця між фактичними і розрахунковими значеннями функції.

$$Z_t = y_t - \hat{y}_t. \quad (4.27)$$

Наявність автокореляції залишків вказує на те, що є певні закономірності зміни останніх, які можуть бути спричинені по-перше відсутністю в моделі важливого фактору або декількох факторів, що в значній мірі визначають зміни результативного показника, по-друге неправильним вибором форми зв'язку.

Автокореляція залишків оцінюється за допомогою d-статистики (критерій Дарбіна-Ватсона)

$$d = \frac{\sum_{t=1}^n (Z_{t+1} - Z_t)^2}{\sum_{t=1}^n Z_t^2}, \quad (4.28)$$

або циклічного коефіцієнта автокореляції залишків, формула якого приблизно має такий вигляд:

$$r_z = \frac{\sum_{t=1}^{m-\tau} Z_t Z_{t+\tau}}{\sum_{t=1}^{m-\tau} Z_t^2}, \quad (4.29)$$

де τ - лаг ($\tau = 1, 2, 3, \dots, L$)

Для оцінювання автокореляції залишків за критерієм Дарбіна-Ватсона розрахункове значення d порівнюється з табличними величинами d_n і d_b , де d_n - нижня, d_b - верхня границя критерія.

Якщо $d < d_n$, то ряд має автокореляцію; якщо $d > d_b$, то автокореляція в залишках відсутня; якщо $d_n \leq d \leq d_b$, то необхідні додаткові дослідження (наприклад, збільшити довжину динамічного ряду). Табличні значення критерія Дарбіна-Ватсона наводяться для позитивної (додатної) автокореляції. Для перевірки від'ємного зв'язку рекомендується розрахувати різницю $(4-d)$, після чого отримане значення порівнюється з d_n і d_b . Істотність циклічного коефіцієнта автокореляції залишків оцінюється шляхом порівняння розрахункового значення (формула 4.28) з табличним. Якщо розрахункове значення менше табличного (за абсолютною величиною), то зв'язок між залишковими відхиленнями випадковий і навпаки.

Сутність мультиколінеарності і її вплив на статистичну надійність моделі подана у п.4.2.2.

4.2.6 Методи надання моделям статистичної надійності

Як відмічалось в попередньому параграфі, головні проблеми, з якими стикається дослідник при побудові економіко-статистичної моделі – це мультиколінеарність; рівень істотності рівняння, параметрів і характеристик моделі, автокореляція.

Щоб забезпечити наукову і практичну цінність дослідження, необхідно:

- усунути мультиколінеарність;
- виключити неістотні за t-критерієм Стюдента фактори;
- позбавитися автокореляції.

Найпростіший спосіб усунення мультиколінеарності полягає у виключенні з моделі одного з тісно пов'язаних між собою факторів. Виключений фактор вибирається або на основі логічного підходу, тобто на думку дослідника, або використовуючи формальний підхід, вибирають той фактор, у якого тіснота зв'язку з результативним показником, що оцінена за значенням парного коефіцієнта кореляції, слабша. Але такий метод не завжди доцільний, тому, що покращуючи "статистичні якості" моделі, він одночасно нерідко знижує її аналітичну та прогнозу цінність. У економічному аналізі бажана певна комбінація факторів. Тому, щоб позбутися мультиколінеарності без виключення факторів з моделі, рекомендується здійснювати попереднє перетворення факторів, зокрема:

— замість початкових даних, отриманих в результаті статистичного спостереження, слід скористатись їх першими різницями ($y_t - y_{t-1}$);

— перетворити початкові дані, які мають тісний взаємозв'язок, у похідні величини, які являють собою співвідношення двох початкових. Перетворені величини при цьому мають виражати певну економічну суть.

При оцінюванні істотності параметрів та характеристик рівняння, а також і самого рівняння потрібно спочатку визначити, яка початкова інформація використовується для реалізації моделі. Якщо початкова інформація являє собою репрезентативну вибірку, то потрібен "жорсткий" підхід до оцінювання істотності, тобто у всіх випадках має зберігатися умова (4.24). У протилежному випадку, якщо розширення вибірки, доповнення складу факторів не сприяють виконанню вимоги (4.24), то таке рівняння виключається із дослідження.

Якщо ж рівняння істотне за F-критерієм Фішера, як і коефіцієнт множинної кореляції (множинне кореляційне відношення) за t-критерієм Стюдента, але статистично неістотні за t-критерієм окремі коефіцієнти регресії, то керуючись методикою багатокрокового регресивного аналізу, необхідно поступово виключати з рівняння статистично неістотні фактори. Формальне дотримання вказаної методики інколи призводить до того, що з рівняння виключаються найбільш суттєві фактори і цим самим знижується цінність моделі та її практичне використання. Такий підхід вважається негнучким і тому рекомендується виключати з рівняння фактор лише у тому випадку, коли квадратична помилка коефіцієнта регресії перевищує абсолютний розмір власне самого коефіцієнта, і при цьому, що найголовніше, коли немає сильних логічних підстав для виключення даної змінної. Таким чином віддається перевага якісному аналізу, тобто теоретичним основам процесу, перед кількісними,

формальними правилами математичної статистики. Якщо ж, на відміну від репрезентативної вибірки, початкова інформація являє собою дані звітності певного об'єкта за ряд років, то в такому випадку не доводиться говорити про випадкові змінні, і тому немає необхідності дотримуватись жорстких вимог та правил математичної статистики.

Існує декілька способів усунення автокореляції у динамічних рядах.

Перший метод – використання замість первинних початкових даних їх логарифмів, що означає перевагу логарифмічних моделей перед іншими при обробці динамічних рядів.

Другий метод – використання перших різниць.

Логарифмічне рівняння можна перетворити у лінійне, якщо позначити:

$$\ln y = u; \ln x_i = v_i, \quad (4.30)$$

$$\text{тоді} \quad u = a_0 + a_1 v_1 + a_2 v_2 + a_3 v_3 + \dots + a_n v_n.$$

Перші різниці дорівнюють

$$\left. \begin{aligned} u_i - u_{i-1} &= z_i \\ v_{1(i)} \\ v_{2(i)} \\ \dots \\ v_{n(i)} - v_{n(i-1)} &= l_{n(i)}. \end{aligned} \right\} \begin{aligned} v_{1(i-1)} &= l_{1(i)} \\ v_{2(i-1)} &= l_{2(i)} \end{aligned} \quad (4.31)$$

В цьому випадку система нормальних рівнянь реалізується для моделі

$$z = a_0 + a_1 l_1 + a_2 l_2 + a_3 l_3 + \dots + a_n l_n. \quad (4.32)$$

Для отримання прогнозу у прийнятих одиницях виміру виконуються такі розрахунки:

$$\begin{aligned} \text{Оскільки} \quad & \begin{cases} u_i = \ln y_i \\ z_i = u_i - u_{i-1}; \\ u_{i-1} = \ln y_{i-1}, \end{cases} \quad (4.33) \end{aligned}$$

$$\text{то} \quad \ln \hat{y}_i = \ln y_{i-1} + a_0 + a_1 l_{i1} + a_2 l_{i2} + \dots + a_n l_{in(i)}. \quad (4.34)$$

$$\text{Звідси} \quad \hat{y}_i = \text{antiln } \hat{y}_i. \quad (4.35)$$

Третій метод – авторегресивне перетворення

$$\begin{aligned} u_i &= u_{i-1} + r \cdot u_{i-1}; \\ v_i &= v_{i-1} + r \cdot v_{i-1}. \end{aligned} \quad (4.36)$$

де r – емпіричний коефіцієнт автокореляції.

Прогнозні значення розраховуються таким чином:

$$\hat{U} = a_0 + a_1 v_{i1} + a_2 v_{i2} + \dots + a_n v_{ni}. \quad (4.37)$$

Виходячи з умовних позначень і (4.37)

$$\ln \hat{y}_i = r \ln y_{i-1} + a_0 + a_1 v_{i1} + a_2 v_{i2} + \dots + a_n v_{ni}. \quad (4.38)$$

$$\text{Звідси} \quad \hat{y}_i = \text{antiln } \hat{y}_i. \quad (4.39)$$

Четвертий метод – це включення фактора часу (t) у багатфакторні моделі. Вважається, що включення фактора (t) динамізує багатфакторну функцію при обробці динамічних рядів та виключає лінійну тенденцію у

логарифмічних даних (рівнозначно показниковій тенденції у початкових даних), що в результаті сприяє послабленню автокореляції.

Досвід показує, що логарифмування початкових даних (логарифмічна модель) в достатній мірі знижує автокореляцію.

Що ж до включення фактора часу t у багатofакторну модель, то крім послаблення автокореляції, деякі дослідники вважають, що у рівняннях виробництва продукції (виробнича функція) та продуктивності праці фактор часу служить вимірювачем технічного прогресу, хоча таке ствердження далеко не беззаперечне.

Проведені дослідження показали, що включення фактора часу t у деякі моделі інколи змінює економічно обгрунтовані взаємозв'язки між окремими факторами та досліджуваним показником. Тому вказаний фактор слід включити у багатofакторну модель лише у тому випадку, якщо він сприяє поліпшенню кількісних та якісних характеристик моделі, не порушуючи при цьому економічну суть рівняння.

Усі перелічені процедури підвищення статистичної надійності моделі слід здійснювати у взаємозв'язку з якісним (теоретичним) аналізом результатів на всіх етапах проведення розрахунків.

4.2.7 Економічний аналіз та прогнозування на основі застосування економіко-статистичних моделей

Після вибору досліджуваного показника та відбору факторів, вирішення питання про вид рівняння складається абстрактна економіко-статистична модель.

Реалізована на основі зібраних достовірних даних абстрактна модель перетворюється в робочу, яка потім використовується для проведення економічних досліджень.

Перед тим як стати інструментом дослідження робоча модель перевіряється на логічну та статистичну адекватність. Основні критерії для оцінювання адекватності моделі досліджуваним процесам розглядались достатньо детально у попередніх параграфах. При оцінюванні логічної адекватності моделі особливу увагу слід приділити характеру взаємозв'язку результативного показника з окремими факторами, смислового значенню знаків при змінних.

І лише після ретельної перевірки надійності моделі – логічної та статистичної вона може бути використана у аналізі та прогнозуванні.

Економіко-статистична модель математично описує лише взаємозв'язок результативного показника та відібраних факторів; аналітичні можливості закладені в основному в параметрах та характеристиках рівняння та в ряду похідних показників.

Тому знання та правильна економічна інтерпретація параметрів, характеристик та похідних показників, вміле оперування ними дозволяє здійснювати глибокий економічний аналіз, причому в такому напрямку,

який неможливо виконати іншими методами.

У лінійних багатofакторних моделях залежність

$$\Delta y_{aj} = a_i(x_{ij} - x_{ik}) \quad (4.40)$$

дозволяє встановити ефект від дії і-того фактора при порівнянні його значень по j-тому та k-тому підприємствах.

Розглянемо практичне застосування залежності (4.40) для проведення факторного порівняльного аналізу собівартості цукру-піску із буряку.

На основі даних підприємств об'єднання цукрової промисловості побудована лінійна багатofакторна модель

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4, \quad (4.41)$$

де у-виробнича собівартість 1ц. цукру-піску, грн;

x_1 - витрати робочої сили на 100 т цукрового буряку, люд.-дні;

x_2 - вихід цукру, %;

x_3 - фондвіддача, т. на 1000 грн. основних виробничих фондів;

x_4 - витрати умовного палива в % до ваги переробленого буряку.

Після реалізації моделі (4.41) на основі даних підприємств цукрової промисловості за один виробничий рік отримано таке рівняння:

$$y = 529,2 + 1,06x_1 - 22,14x_2 - 2,02x_3 + 3,11x_4. \quad (4.42)$$

Основні статистичні характеристики моделі (4.42):

- коефіцієнт множинної кореляції - $R = 0,914$;

- середня помилка апроксимації - $\xi = 3,4\%$;

- критерій Фішера (розрахунковий) - $F_p = 6,12$ при $F_1 = 1,6$;

- критерій Стюдента для R - $t_R = 69,75$ при $t_1 = 1,98$ (5% рівень істотності).

Наведене рівняння отримано шляхом виключення неістотних параметрів. При $t_1 = 1,98$ істотність за розрахунковим значенням для коефіцієнтів регресії складася: $t_{a_1} = 5,64$; $t_{a_2} = 20,56$; $t_{a_3} = 3,46$; $t_{a_4} = 3,32$.

Оскільки при побудові рівняння (4.42) використані не динамічні ряди, а просторові дані, перевірка на автокореляцію не проводиться.

Для перевірки наявності (відсутності) мультиколінеарності розрахована система парних коефіцієнтів кореляції (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 - Парні коефіцієнти кореляції ($r_{x_i x_j}$)

	y	x_1	x_2	x_3	x_4
y	1	0.026	-0.874	-0.580	0.456
x_1		1	0.135	0.077	-0.040
x_2			1	0.491	-0.337
x_3				1	0.487
x_4					1

Мультиколінеарні зв'язки, як свідчать дані табл. 4.1, відсутні, оскільки коефіцієнти парної кореляції між факторами менше 0,8 за

абсолютною величиною (див. рядки від 2-го до 5-го).

Таким чином, можна стверджувати, що модель (4.42) відповідає усім статистичним критеріям і тому статистично надійна.

Примітка. Тут і надалі використані порівняні ціни, які діяли у дореформний період. Для ілюстрації методики та прикладів проведення розрахунків рівень прийнятих цін немає важливого значення.

Знаки перед коефіцієнтами регресії відповідають природі взаємозв'язків факторів із результативним показником; отже, модель відрізняється і логічною адекватністю.

Для проведення факторного порівняльного аналізу відібрані два підприємства із приблизно рівними початковими умовами: величиною добової потужності та тривалістю переробки цукрового буряку.

У табл. 4.2 наведений принцип проведення міжзаводського порівняльного аналізу із застосуванням залежності (4.40).

Таблиця 4.2 - Порівняльний аналіз собівартості продукції

Показники	Фактичні значення		Різниця $x_{i2} - x_{i1}$ (гр3-гр2)	Коефіцієнт регресії, a_i	Ефект $\Delta y_{a_i} = a_i(x_{i2} - x_{i1})$ (гр4-гр5)
	1-й завод	2-й завод			
1	2	3	4	5	6
x_1	26,60	31,40	4,80	1,06	5,1
x_2	12,99	12,29	-0,70	-22,14	15,5
x_3	7,47	6,41	-0,06	-2,02	2,2
x_4	8,27	7,51	-0,76	3,11	-2,4
У	280,3	300,7	20,4	-	20,4

Дані табл. 4.2 свідчать про те, що виробнича собівартість на другому заводі вища порівняно із першим на 20,4грн. У гр.4 відображені результати порівняння факторів, які використовуються в моделі та які визначають рівень виробничої собівартості продукції. Серед включених у модель факторів лише витрати палива на другому заводі нижчі ніж на першому. Щодо робочої сили, виходу цукру та фондівіддачі то вказані показники на першому заводі кращі порівняно з другим заводом.

У гр. 6 подані характер та ступінь впливу факторів на рівень виробничої собівартості 1т цукру-піску. В найбільшій мірі зростання собівартості на другому заводі пояснюється меншим, порівняно із першим заводом, виходом цукру у % до ваги переробленого буряку.

Порівняння витрат робочої сили на 100т буряку фондівіддачі свідчить про те, що за рахунок названих факторів собівартість на другому заводі вища, порівняно із першим відповідно на 5,1 грн та 2,2грн.

Моделі, які побудовані на основі просторових даних, в більшій мірі придатні для проведення аналізу та в меншій мірі – для складання

прогнозу. Наведений вище приклад має аналітичну направленість та ілюструє можливість застосування рівнянь для проведення економічного аналізу.

Нижче розглядаються моделі, що побудовані на основі динамічних рядів, та які використовуються як в аналізі, так і в прогнозуванні.

У економічних дослідженнях широко використовуються рівняння, які відображають залежність обсягу випуску продукції від виробничих факторів (робочої сили, знарядь праці та засобів праці). Таке рівняння, відоме як виробнича функція Кобба-Дугласа, може бути побудована як на макро-, так і на мікрорівні.

Виробнича функція Кобба-Дугласа зображається у вигляді двофакторного степеневого рівняння

$$y = \gamma L^{\alpha} K^{\beta}, \quad (4.43)$$

де y – фізичний обсяг продукції;

L – затрати праці;

K – затрати капіталу;

γ, α, β – параметри рівняння.

У практичних розрахунках на мікрорівні в якості фактора “затрати праці” використовується або чисельність працюючих, або кількість відпрацьованих людино-днів (людино-годин); а замість узагальнювального показника “затрати капіталу” застосовуються показники вартості основних виробничих фондів та оборотних фондів.

Для зручності реалізації степенева функція перетворюється в логарифмічну і врешті модель приймає такий вигляд:

$$\ln y = a_0 + a_1 \ln x_1 + a_2 \ln x_2 + a_3 \ln x_3. \quad (4.44)$$

де y – фізичний обсяг продукції;

x_1 – чисельність працюючих або кількість відпрацьованих людино-днів (людино-годин);

x_2 – вартість основних промислово-виробничих фондів;

x_3 – вартість оборотних фондів.

Рівняння (4.44), яке реалізоване на основі даних за ряд років по приладобудівному заводу, має такий вигляд:

$$\ln y = 0,1484 + 0,4921 \ln x_1 + 0,0277 \ln x_2 + 0,6376 \ln x_3 \quad (4.45)$$

Статистичні характеристики рівняння (4.45) наведені у табл. 4.3

З даних табл. 4.3, випливає, що рівняння (4.45) відрізняється високими та надійними статистичними характеристиками. Розрахункове значення F – критерія Фішера більше табличного, що підтверджує істотність рівняння. Оскільки розрахункове значення циклічного коефіцієнта автокореляції залишків за абсолютною величиною менше табличного, то автокореляція залишків випадкова.

Таблиця 4.3 - Статистичні характеристики рівняння (4.45)

Показники	Значення
Множинне кореляційне відношення	0,995
Коефіцієнт детермінації	0,990
F-критерій Фішера:	
Розрахунковий	24,52
Табличний	5,41
Середня помилка апроксимації	0,51
Циклічний коефіцієнт автокореляції залишків	
Розрахунковий	-0,476
Табличний	-0,753

Велике значення множинного кореляційного відношення та незначне значення середньої помилки апроксимації показує, що побудоване рівняння адекватно відображає досліджуваний процес.

Нарешті, із значення коефіцієнта детермінації випливає, що включені у модель фактори на 99,0 % визначають рівень досліджуваного показника і лише 1% - невраховані фактори.

Оскільки $\sum a_i = 0,4921 + 0,0277 + 0,6376 = 1,1574$, тобто сума коефіцієнтів більша за одиницю, можна стверджувати про позитивний ефект розширення виробництва на підприємстві.

За значенням коефіцієнтів (a_i), які в логарифмічному рівнянні являють собою коефіцієнти еластичності, можна оцінити вплив кожного фактора на досліджуваний показник.

Так, за досліджуваний період збільшення чисельності працюючих на 1% дозволило збільшити випуск товарної продукції в середньому приблизно на 0,49%; збільшення вартості основних промислово-виробничих фондів на 1% забезпечило збільшення товарної продукції приблизно на 0,028%; нарешті збільшення вартості оборотних фондів на 1% забезпечило збільшення товарної продукції приблизно на 0,64% (всі цифри дещо округлені).

Розрахована за формулою (4.12) гранична віддача дозволяє зробити такі висновки: за досліджуваний період збільшення чисельності працюючих на підприємстві на одного працівника забезпечило збільшення товарної продукції в середньому приблизно на 5,9 тис.грн.; із збільшенням вартості основних фондів на 1 тис.грн виробництво товарної продукції зросло в середньому приблизно на 0,03 тис.грн., збільшення обсягу оборотних фондів на 1 тис. грн відповідало збільшенню випуску товарної продукції в середньому приблизно на 1,39 тис.грн.

Функція випуску дозволяє відповісти на питання: - у якій мірі кожен

із факторів сприяв росту результативного показника, у нашому випадку товарної продукції.

У лінійних рівняннях залежність

$$\Delta y = a_1 \Delta x_1 + a_2 \Delta x_2 + \dots + a_n \Delta x_n \quad (4.46)$$

відображає приріст результативного показника за певний період під дією приросту виробничих факторів.

Для логарифмічних рівнянь випуску продукції залежність (4.46) приймає вигляд:

$$\frac{\Delta y}{y} = a_1 \frac{\Delta x_1}{x_1} + a_2 \frac{\Delta x_2}{x_2} + \dots + a_n \frac{\Delta x_n}{x_n}, \quad (4.47)$$

тобто темп приросту випуску продукції визначається зваженою сумою темпів приросту факторів, причому в якості вагів виступають відповідні коефіцієнти еластичності.

Розрахунки оцінки впливу середнього приросту кожного фактора на загальний середньорічний приріст продукції, тобто реалізацію залежності (4.47), показано у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Оцінка впливу факторів на середньорічний приріст товарної продукції

Показники	Умовні позначення	Середньорічний темп приросту, %	Коефіцієнт, a_i	$\frac{\Delta x_i}{x_i} \cdot a_i$ (zp1 · zp2) %
А	Б	1	2	3
Товарна продукція	y	55,88	--	--
Кількість працюючих	x_1	26,38	0,4921	12,98
Вартість основних фондів	x_2	17,92	0,0277	0,50
Вартість оборотних фондів	x_3	66,5	0,6376	42,40
Разом	--	--	--	55,88

За даними табл. 4.4, середньорічний темп приросту товарної продукції за досліджуваний період становив 55,88%. У гр. 3 табл. 4.4 показано в якій мірі середньорічний темп приросту кожного фактора сприяв середньорічному темпу приросту товарної продукції. Підсумок гр.3 відповідає залежності (4.47) та дорівнює середньорічному темпу приросту товарної продукції по аналізованому підприємству.

За залежністю

$$\bar{\Delta y}_{x_i} = \bar{\Delta y} \cdot \frac{\frac{\Delta x_i}{x_i} a_i}{\frac{\Delta y}{y}}, \quad (4.48)$$

де $\bar{\Delta y}_{x_i}$ - середньорічний абсолютний приріст досліджуваного показника за рахунок i -го фактора;

$\bar{\Delta y}$ - загальний середньорічний абсолютний приріст досліджуваного показника;

$\frac{\Delta x_i}{x_i} a_i$ - з графі 3, таблиці 4.4

$\frac{\Delta y}{y}$ - середньорічний темп приросту досліджуваного показника, можна визначити, у якій мірі кожний фактор сприяв середньорічному абсолютному приросту досліджуваного показника.

При середньорічному абсолютному прирості товарної продукції 7927 тис грн, приріст чисельності працюючих забезпечив середньорічний абсолютний приріст продукції на

$$\bar{\Delta y}_{x_1} = 7927 \cdot \frac{12,98}{55,88} = 1841,3 \text{ тис.грн.};$$

приріст вартості основних виробничих фондів забезпечив середньорічний абсолютний приріст продукції на

$$\bar{\Delta y}_{x_2} = 7927 \cdot (0,50 : 55,88) = 70,9 \text{ тис.грн.};$$

та приріст вартості оборотних фондів забезпечив середньорічний абсолютний приріст продукції на

$$\bar{\Delta y}_{x_3} = 7927 \cdot (42,40 : 55,80) = 6014,80 \text{ тис. грн.}$$

Сумарний вплив трьох факторів склав: $1841,3 + 70,9 + 6014,8 = 7927$ тис.грн., що відповідає загальному середньорічному абсолютному приросту продукції.

Склад факторів, які включені у виробничу функцію (4.44), хоча і застосовується для дослідження у багатьох галузях промисловості, не може бути канонізований через специфічні особливості різних виробництв. Так, для цукрової промисловості у зв'язку з сезонністю її виробничого процесу, переробки значної кількості сировини, що швидко псується (буряку), впливу на результати діяльності вмісту цукру у буряку, монопродуктовий характер виробництва, рівняння зі складом показників згідно з моделлю (4.44) не забезпечує досягнення поставленої мети при проведенні факторного аналізу випуску продукції, і тому такий склад не виправданий.

Досвід, накопичений в результаті багаторазових досліджень на різних рівнях управління, показав, що найбільш адекватно виробнича функція у цукровому виробництві описується рівнянням

$$\ln y = a_0 + a_1 \ln x_1 + a_2 \ln x_2 + a_3 \ln x_3, \quad (4.49)$$

де y – кількість виробленого цукру - піску;

x_1 – кількість буряку, що залишився до переробки;

x_2 – цукристість буряку, що залишився до переробки;

x_3 – добова потужність.

Виробнича функція для цукрового виробництва відрізняється суттєвою перевагою порівняно із узагальнювальною функцією випуску (4.44): усі включені у модель показники подані натуральними величинами, тобто виключається вплив цінового фактора. Такі функції відображають ідеальний взаємозв'язок витрат та випуску продукції.

Реалізована на основі даних обласного об'єднання цукрової промисловості модель (4.49) має такий вигляд:

$$\ln y = -2,3052 + 0,8496 \ln x_1 + 0,5457 \ln x_2 + 0,0074 \ln x_3. \quad (4.50)$$

Показник (гранична віддача), розрахований згідно з формулою (4.12), дозволяє зробити такі висновки. За досліджуваний період при інших рівних умовах збільшення обсягу буряку на 1 тис. т дозволило збільшити виробництво цукру-піску приблизно на 0,11 тис.т; збільшення цукристості буряку на 1% дозволило збільшити виробництво цукру на 24,77 тис.т нарешті, збільшення добової потужності на 1 тис.т дозволило збільшити виробництво цукру приблизно на 0,11 тис.т.

У цукровій промисловості збільшення потужності підприємств сприяє скороченню виробничого сезону; останнє ж дозволяє зменшити втрати буряку та цукру на усіх стадіях виробничого циклу.

Раніше відмічалось що взаємодіючі у рівнянні виробничої функції фактори по суті взаємозамінні. Це означає, що одиницю даного ресурсу можна замінити деякою кількістю іншого ресурсу так, що обсяг продукції при цьому не зміниться. Функція випуску для цукрової промисловості у найбільшій мірі відповідає умовам взаємозамінності ресурсів (факторів). Взаємозамінність для кожної пари факторів визначається за допомогою показника граничної норми зміщення, яка обчислюється як відношення величин граничної віддачі (залежність 4.13).

Економічна суть факторів, включених у функцію випуску для цукрової промисловості, дозволяє дати реальну інтерпретацію показника граничної норми заміщення. За досліджуваний період підвищення на 1% цукристості буряку рівнозначно з точки зору випуску продукції додатковій переробці приблизно 225,2 тис. т буряку в умовах базисної цукристості ($\frac{\partial y}{\partial x_2} : \frac{\partial y}{\partial x_1} = -\frac{\partial x_1}{\partial x_2} = 24,77 : 0,11 = 225,2$ тис.т), тобто 1% приросту цукристості буряку дає таке ж збільшення виробництва цукру, що і 225,2 тис.т буряку при базисній цукристості. Збільшення добової потужності на 1 тис.т рівнозначно додатковій переробці приблизно 1 тис.т буряку.

Вищерозглянуті аналітичні можливості економіко-статистичних

моделей подані на прикладі виробництв, що відносяться до різних галузей промисловості.

Наступний етап застосування економіко-статистичних моделей – це прогнозування. Складність прогнозування на основі економіко-статистичних моделей полягає в тому, що перед тим як прогнозувати досліджуваний показник слід побудувати прогнози для всіх факторів, включених у рівняння. Вибір методів прогнозування факторних показників визначається як їх особливостями, так і особливостями виробництв. Так, для функції випуску приладобудівного підприємства (модель 4.44) прогнозування очікуваних значень окремих факторів (x_i) може бути проведено на основі застосування рівняння часового тренда.

У цукровій промисловості при побудові середньострокових прогнозів прогнозовані значення цукристості заготовленого буряку та очікуваного валового збору буряку визначаються на базі середнього рівня за попереднє п'ятиріччя. При оцінюванні валового збору спочатку визначається середня урожайність буряку з 1га, яка потім перемножується на заплановану площу посіву. Добова потужність визначається планом введення нових потужностей та реконструкції діючих.

Природно, названі методи рідко відрізняються достатньою точністю.

Короткострокове прогнозування у цукровій промисловості дозволяє досягти досить прийнятних результатів на основі моделі (4.49).

Для цього будеться система прогнозних моделей, які дозволяють визначити очікуване значення факторів: x_1 – обсяг заготовленого буряку та x_2 – цукристість заготовленого буряку (фактор x_3 – добова потужність – відомий). Прогноз очікуваного обсягу виробництва цукру-піску складається на наступний виробничий рік.

Для оцінювання очікуваного обсягу заготовленого буряку спочатку прогнозується середня урожайність на 1га, яка потім множиться на площу посіву (величина відома).

Очікувана середня врожайність обчислюється за формулою

$$\hat{y} = a_0 + a_1 \hat{P}_{1.10} + a_2 m_{20.08} \quad (4.51)$$

де $\hat{y}$ – очікувана урожайність буряку у наступному році;

$\hat{P}_{1.10}$ – вага кореня за станом на 1 жовтня (методика розрахунку за формулою 3.22);

$m_{20.08}$ – густина насадження рослин на 1га за станом на 20 серпня.

Густина насадження рослин визначається двічі на рік: 1 липня і 20 серпня.

Оскільки прогнозування урожайності починається з 1 липня, то до 20 серпня для рівняння (4.50) величина $m_{20.08}$ прогнозується за формулою

$$\hat{m}_{20.08} = a_0 + a_1 m_{1.07} \quad (4.52)$$

Починаючи з 20 серпня у формулі (4.50) використовуються фактичні

дані.

Цукристість заготовленого буряку прогнозується за формулою:

$$\bar{D}_3 = a_0 + a_1 D_{1.10}, \quad (4.53)$$

де D_3 – прогноз цукристості заготовленого буряку;

$D_{1.10}$ – прогноз цукристості корнеплодів на 1 жовтня, який розраховується, починаючи з 20 липня за тією методикою, що і вага корнеплода (залежність 3.29)

Таблиця 4.5 - Порівняння фактичних та прогнозованих значень середньої урожайності та цукристості заготовленого буряку

Показ- ники	Фак- тичні зна- чен- ня	Прогноз, складений за станом на :									
		1,07	10,07	20,07	1,08	10,08	20,08	1,09	10,09	20,09	1,10
Серед- ня урожай- ність, ц/га	252,3	245,1	247,7	248,8	246,2	243,5	244,6	243,9	247,1	246,6	244,3
Цукри- стість буряку, %	16,73	--	--	16,00	16,04	16,27	16,53	16,51	16,10	16,21	16,39

Таким чином, як свідчать дані табл. 4.5, розходження між фактичною урожайністю та прогнозованими значеннями незначні та коливаються в межах від 1.4% до 3.5%. Абсолютні відхилення по цукристості буряку складають від 0,20% до 0,73%, причому при наближенні до початку виробничого сезону точність прогнозу збільшилась.

За значенням прогнозованої середньої урожайності та площах посівів розраховані очікувані валові закупки буряку. У прогнозованому періоді розходження між фактичним обсягом заготовленого буряку та прогнозом склало 0,1 ÷ 2,0%, у той час, як порівняно із планом об'єднання фактичні значення були менші на 19,6%.

Визначивши прогнозовані значення валових заготівель і цукристості буряку та використовуючи дані про величину виробничої потужності, можна застосувати модель (4,50) для прогнозування очікуваного обсягу виробництва цукру-піску із буряку. Розходження між фактичним та прогнозованими значеннями обсягу виробництва цукру досягає максимум 10-12%, що з урахуванням впливу багатьох факторів на виробничий процес, та в першу чергу якості буряку, погодних умов, у певній мірі

допустимі. Розходження між фактичними значеннями та планом об'єднання більш значні.

Спектр методів прогнозування урожайності та цукристості буряку можна розширити. Нарівні із використанням середніх приростів для прогнозування урожайності та цукристості буряку на 1 жовтня (залежність 3.29) можна скористатися рівнянням

$$y_i = f(y_{i-1}), \quad (4.54)$$

тобто обчислити значення показника за станом на певну декаду в залежності від значення цього ж показника за попередню декаду.

В процесі проведення економічних досліджень, в т.ч. і в прогнозуванні дуже важливе багаторазове використання наявної інформації для обчислення якомога більшого числа показників, необхідних для управління виробництвом. Наявність прогнозованого значення валових заготівель буряку та величини добової потужності дозволяє скласти прогноз тривалості сезону переробки буряку, який має суттєвий вплив на кінцеві показники діяльності цукрових заводів

$$\hat{y} = a_0 + a_1 \ln \hat{x}_1 + a_2 \ln x_2, \quad (4.55)$$

де $\hat{y}$ – прогноз тривалості виробництва, дб;

$\hat{x}_1$ – прогнозоване значення обсягу заготівлі буряку;

x_2 – добова потужність

За рівнянням ізокванти

$$x_1 = \text{anti} \ln \frac{\ln y - a_2 \ln x_2 - a_0}{a_1} \quad (4.56)$$

можна визначити необхідний обсяг буряку для кожного заводу, об'єднання при фіксованому значенні тривалості виробництва.

Розрахунки за залежністю (4.56) важливі для перерозподілення буряку між заводами для рівномірної їх загрузки, що значно скорочує втрати цукру.

Аналогічно рівнянням тимчасового тренду економіко-статистичні моделі можуть бути використані для прогнозування не лише безпосередньо, а і опосередковано через систему залежностей, виведених на основі параметрів рівняння. Висловлену вище думку розглянемо на прикладі моделювання залежності повної собівартості продукції і окремих статей витрат від обсягу продукції при фіксованих цінах. Для цього використана модель

$$\ln y_i = a_0 + a_1 \ln x, \quad (4.57)$$

де y_i – витрати за відповідними статтями витрат та в цілому за повною собівартістю продукції у порівняних цінах;

x – обсяг товарної продукції у порівняних цінах.

Показники a_{1i} , які розраховані за всією номенклатурою статей витрат, являють собою коефіцієнти еластичності, тобто відображають темп приросту кожної статті витрат під впливом швидкості зміни обсягу товарної продукції. Звідси $a_{1i} = E_i$.

Якщо усі показники приведені до єдиних цін та умов, то прогнозовані значення повної собівартості товарної продукції чи окремих статей витрат може бути визначено за формулою

$$\hat{y}_{i(t+1)} = \frac{[E_i T_{np}(x) + 100] y_{i(t)}}{100}, \quad (4.58)$$

а відносна економія за рахунок умовно - постійних затрат, яка є у меншій чи більшій мірі практично у всіх статтях витрат, дорівнює

$$\Delta y_i = [y_{i(t)} T_p(x) : 100] - \hat{y}_{i(t+1)}, \quad (4.59)$$

де $\hat{y}_{i(t+1)}$ - очікуване значення прогнозованого показника (стаття витрат, повна собівартість);

E_i - коефіцієнт еластичності для i -го показника;

$T_{np}(x)$ - темп приросту обсягу товарної продукції у прогнозованому періоді порівняно з базисним періодом;

$y_{i(t)}$ - значення i -го показника в базисному періоді.

Оцінювання взаємозв'язку обсягу виробництва та витрат на виробництво має важливе значення при порівнянні різних варіантів розвитку та розміщення підприємств, у процесі вибору оптимального розміру підприємства (обсягу випуску продукції) та прогнозуванні затрат на виробництво. Коефіцієнти еластичності, які відображають відносний взаємозв'язок обсягу виробництва та затрат на виробництво, можуть бути одночасно використані для оцінювання частки постійних витрат

$$y_{i.n.p} = 100 - 100 \cdot E_i = 100(1 - E_i), \quad (4.60)$$

де $y_{i.n.p}$ - питома вага постійних витрат в i -тій статті витрат чи в повній собівартості.

Дійсно, якщо, наприклад, для певної статті витрат $E=0,402$, то можна зробити висновок, що в середньому за досліджуваний період змінні витрати в даній статті складають 40,2%, а постійні $100(1-0,402)=59,8\%$.

В цілому прогноз на підставі економіко-статистичної моделі складається на підставі рівнянь:

$$\ln \hat{y} = a_0 + a_1 \ln \hat{x}_1 + a_2 \ln \hat{x}_2 + a_3 \ln \hat{x}_3 + \dots + a_n \ln \hat{x}_n, \quad (4.61)$$

$$\text{або } \hat{y} = a_0 + a_1 \hat{x}_1 + a_2 \hat{x}_2 + a_3 \hat{x}_3 + \dots + a_n \hat{x}_n. \quad (4.62)$$

Вище, на декількох прикладах, наведений підхід щодо прогнозування деяких показників на основі економіко-статистичних моделей.

Дати рекомендації на всі можливі випадки неможливо, оскільки, не дивлячись на практичне застосування обмеженого кола видів багатофакторних моделей, склад показників, які входять у рівняння, дуже різноманітний. Вибір методики прогнозування окремих показників визначає дослідник, керуючись особливістю виробництва, змістом досліджуваних показників, наявною інформацією технічними і програмно-методичними можливостями. Оцінювання точності прогнозу на основі економіко-статистичних моделей здійснюється тими ж показниками, які застосовуються при оцінюванні точності прогнозу на основі рівняння

часового тренда (залежності 3.54; 3.55; 3.56; 3.57; 3.58; 3.59; 3.60; 3.61)

Інтервал довіри для прогнозів, побудованих на основі економіко-статистичних моделей, дорівнює

$$\hat{y} - t_T S_{yx} \leq \bar{y} \leq \hat{y} + t_T S_{yx}, \quad (4.63)$$

де t_T – табличне значення t-критерія Стюдента при заданому рівні істотності та кількості елементів у вибірковій сукупності;

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - m - 1}}, \quad (4.64)$$

де y_i – фактичне значення досліджуваного показника;

$\hat{y}_i$ – розрахункове, на основі рівняння, значення досліджуваного показника;

n – кількість елементів у вибірковій сукупності;

m – кількість факторів, які включені у модель.

Глава 5

Експертні методи прогнозування

5.1 Суть та різновиди експертних методів

Розглянуті в главах 3 і 4 методи прогнозування ґрунтуються на використанні достатньо широкої ретроспективної інформації, що дозволяє розкрити тенденції і закономірності, взаємозв'язок показників, що склалися в «передісторії».

Але в управлінні виробництвом трапляються випадки, коли інформаційний масив надмірно обмежений або зовсім відсутній. А в деяких випадках статистичні дані неможливо отримати або для їх отримання потрібен значний час. Прийняти рішення в таких умовах, тобто в умовах невизначеності, коли та чи інша дія породжує багато можливих наслідків, причому ймовірності цих наслідків невідомі, важко і ризиковано. Тому при недостатності чи взагалі відсутності інформації розробка прогнозу не тільки не виключається, а, навпаки, стає особливо актуальною і практично важливою, тому 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-дослідні роботи, впровадження розробок і т.д.

Методи, які ґрунтуються 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 **експертиз або методів експертного оцінювання**.

Методи експертного оцінювання в прогнозуванні використовуються в таких випадках:

- в умовах відсутності достатньої за обсягом та достовірної інформації про прогнозовані явища (процеси);
- в умовах значної невизначеності середовища, де функціонує об'єкт;
- в умовах дефіциту часу чи екстремальних ситуацій;
- при розробці середньо- та довгострокових прогнозів об'єктів, які підпадають під вплив корінних змін, наприклад наукові відкриття.

В основі використання експертних методів лежать глибокі знання спеціалістів та вміння узагальнити свій та світовий досвід досліджень та розробок з певної проблеми, гіпотеза про наявність у експерта так званої «практичної мудрості», далекоглядності, що стосується певної області 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 параметра, процесу (явища) і т.д.

Методи, що ґрунтуються на використанні експертного оцінювання, діляться на дві групи: **індивідуальне (персональне) експертне оцінювання та групове (колективне) експертне оцінювання.**

Методи індивідуального експертного оцінювання в свою чергу діляться на: аналітичне експертне оцінювання, інтерв'ю, парні порівняння та інші.

Методи колективного експертного оцінювання включають метод комісії, метод Дельфі, Паттерн та інші.

Поділ на методи індивідуального та колективного експертного оцінювання проводиться в залежності від того, розробляється прогноз на основі висновків одного експерта чи групи експертів.

Незважаючи на відмінність, вказані методи мають ряд загальних процедур при їх використанні, наприклад:

визначення необхідних і достатніх умов для оцінювання спеціаліста як експерта;

- оцінювання характеристик експерта;
- організація форм проведення експертизи;
- вибір методів стимулювання експертів;
- вибір методів обробки експертної інформації;
- верифікація результатів експертизи.

Від прогнозування за методом експертного оцінювання 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.

Індивідуальне експертне оцінювання ґрунтується на використанні думок спеціалістів в певній сфері незалежно одне від одного. Застосовуються в основному два методи індивідуального експертного оцінювання: інтерв'ю та аналітичні записки.

Метод інтерв'ю передбачає бесіду організатора експертизи (прогнозіста) з спеціалістом-експертом в певній області знання, що проводиться згідно з раніше розробленою програмою. Переваги цього методу полягають в тому, що прогнозіст може в процесі бесіди уточнювати та корегувати відповіді. Недолік цього методу полягає в тому, що у експерта мало часу на обдумування відповідей.

Тому результат залежить насамперед від того, наскільки експерт може відповісти експромтом достатньо точно на поставлені питання.

Метод аналітичних записок (оцінок) передбачає можливість довгострокової та ретельної роботи експерта над поставленими запитаннями, що дозволяє використовувати необхідну інформацію для оцінювання тенденції, шляхів розвитку прогнозованого об'єкта.

Результати своєї роботи експерт оформлює у вигляді аналітичної записки.

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

Тому при необхідності прогнозного оцінювання складних проблем, особливо тих, що знаходяться на стиці різних сфер знань, застосовують групові (колективні) методи експертного оцінювання, наприклад, метод комісій, дельфійський метод.

Суть методу комісії полягає в тому, що спеціалісти, які входять до однієї групи, погоджують свою думку про стан будь-якого процесу (явища, об'єкта) в майбутньому або шляхах і методах досягнення цілей у відкритій дискусії, найчастіше за круглим столом, що дозволяє впливати одне на одного таким чином, щоб компенсувати помилки одне одного. Метод комісій має як переваги над індивідуальними методами експертного оцінювання, так і певні недоліки.

До переваг методу комісії можна віднести такі.

По-перше, доведено досвідом, що сукупність інформації, якою володіють всі члени групи експертів принаймні не менше обсягу інформації, якою володіє найбільш досвідчений експерт.

І якщо навіть є спеціаліст, який в більшій мірі знайомий з об'єктом дослідження ніж решта членів групи, то все ж таки останні здатні зробити корисний внесок в прогнозну оцінку досліджуваної проблеми.

Як правило, до складу групи входять спеціалісти, які добре обізнані на певній проблематиці, тому їх сукупний обсяг знань перевищує кількість інформації, яку має будь-який із спеціалістів групи, інакше кажучи, група спеціалістів виробляє більше «розумової» енергії, ніж один спеціаліст.

По-друге, загальновідомо, що кількість факторів (напрямків), що визначає розвиток процесу (явища, об'єкта), і які розглядаються всіма членами групи, принаймні не менше тієї, яку може визначити будь-який член групи.

І, нарешті, по-третє, група експертів, як правило, з більшою готовністю бере на себе відповідальність за прийняття важливих, ризикованих рішень, ніж окремих спеціаліст.

Разом з тим метод комісії має і ряд недоліків.

По-перше, частина групи може мати певний вплив на решту членів групи. Нерідко «криклива меншість» може подавити більшість, і ті вимушені будуть погодитися з цією пропозицією, розуміючи при цьому, що аргументи меншості помилкові;

по-друге, можливі випадки коли на думку групи серйозний вплив має спеціаліст, наприклад, крупний вчений. І якщо він має талант переконання, то зможе рішуче впроваджувати свої ідеї шляхом наполегливої і постійної

аргументації;

по-третє, група експертів, як і будь-яка група, являється самостійним організмом і функціонує завдяки цьому за певними законами. В групах, як правило, існує думка, що досягти згоди більш важливо, а ніж розробка найобґрунтованішого і практично корисного прогнозу;

по-четверте, інерційність мислення, «честь мундира» переконує певну частину групи схилити решту членів до прийняття певних рішень, особливо якщо вони були орієнтовані на ці рішення з самого початку.

Характерний для повоєнного періоду бурхливий ріст науки та техніки викликав великі зміни в оцінюванні майбутнього розвитку. Одним із результатів цих змін є розробка методу експертного оцінювання, відомого як «метод Дельфі».

5.2 Метод експертного оцінювання «Дельфі»

На відміну від традиційного підходу для досягнення погоджень думок експертів шляхом відкритої дискусії (методом комісії) метод Дельфі дав можливість цілком відмовитись від колективного обговорення. Це робиться для того, щоб зменшити вплив таких психологічних факторів, як приєднання до думки найбільш авторитетного чи впливового спеціаліста, небажання відмовитись від публічно вираженої думки, дотримуватися думки більшості, тобто максимально можливе усунення тих недоліків методу комісій, про які говорилося раніше.

В методі Дельфі прямі дебати замінюються ретельно розробленою програмою послідовних індивідуальних опитувань, що проводяться у вигляді анкетування.

Відповіді експертів, як правило, узагальнюються і разом з додатковою інформацією надходять у розпорядження експертів, після чого вони уточнюють свої початкові відповіді. Така процедура повторюється декілька разів до досягнення прийнятного узгодження сукупності висловлених думок експертів.

Метод Дельфі був розроблений у США співробітниками науково-дослідної корпорації «РЕНДкорпорейшн» О.Хелмером та Т. Гордоном і вперше застосований для вирішення деяких задач Міністерства оборони США в 1964 році. Отже, процедури, що використовуються при реалізації методу Дельфі, характеризуються трьома основними особливостями: анонімістю, регульованим зворотним зв'язком, тобто використанням результатів попереднього туру та статистичною обробкою результатів групової відповіді.

Анонімість досягається тим, що члени групи невідомі один одному. В результаті кожен експерт має можливість в процесі послідовних турів опитування змінити свою думку без публічної заяви про це, а відповідно, без втрати репутації. Члени групи спілкуються тільки з організаторами експертизи чи з ЕОМ.

Використання результатів попереднього туру опитування, доповнене статистичними характеристиками групової відповіді, дозволяє кожному експерту познайомитись з думкою своїх анонімних колег, зіставити свої відповіді з узагальненими висновками всієї групи експертів.

Статистична характеристика результатів групової відповіді передбачає визначення показників, котрі дозволяють вияснити, наскільки відповідь кожного експерта відповідає точці зору групи експертів в цілому. Для цього визначаються медіана та квартилі.

Медіана ділить упорядкований ряд на дві рівні частини і відповідає середньому члену ряду, побудованого в порядку зростання (ранжований ряд). Квартиль — це значення ознаки, що відповідає членам ряду, віддаленої від початку на $1/4$ (нижній квартиль) та $3/4$ (верхній квартиль).

То ж, медіана та квартиль ділять упорядкований ряд чисел на чотири частини. Прийнято вважати, що медіана характеризує узагальнену думку групи експертів, а оцінки, що потрапили за межі верхнього та нижнього квартилів, знаходяться за межами інтервалу довіри.

Ознайомившись з названими матеріалами, експерт, чії оцінки не попали в інтервал довіри, може внести відповідні корективи в свої оцінки та приєднатись до думки більшості, або ж додатково пояснити зайняту ним позицію.

Експертиза (експертне опитування) після проведення відповідної підготовки здійснюється в декілька турів.

Перша анкета може бути повністю безструктурною і тому допускає будь-які відповіді. Це робиться для того, щоб не обмежити спеціалістів в жорстких рамках відповіді. Організатори експертизи не можуть знати так глибоко та фундаментально досліджувану проблему, як спеціалісти у цій сфері. Можливість вільної відповіді дозволяє більш широко подивитись на проблему, прийняти до уваги невиявлені раніше моменти і т.д.

Після того, як результати прогнозу експертів повернулись керівникові експертизи, останній повинен їх проаналізувати, об'єднати в певні групи, виключити другорядні (з точки зору керівника групи) відповіді та підготувати анкети для другого туру.

Членам експертної групи направляються вже більш чіткіші питання і просять їх дати свої оцінки і по можливості обґрунтувати відповіді.

Після того, як прогнози, які зроблені у другому турі, повернулись керівникові, треба обробити матеріали експертизи, розрахувати статистичні характеристики та підготувати матеріали до третього туру.

Учасники експертизи отримують анкету з результатами статистичної обробки відповідей другого туру з одночасним поданням значень медіани та квартилей.

Якщо оцінка другого туру не потрапила в інтервал довіри: то кожного члена експертної групи просять обґрунтувати свою точку зору та прокоментувати точку зору експертів, що мають іншу точку зору. Вони

можуть мати свої докази та заперечення, так само, як вони робили б це при особистому спілкуванні, але при цьому їх аргументи залишаються анонімними.

Після того, як перспективні оцінки та нові аргументи членів експертної групи повернулися керівникові експертизи, він повинен виконати роботу аналогічну тій, що виконувалась після другого туру — проаналізувати та узагальнити результати опитування, розрахувати нові значення медіани та квартилей, підготувати анкети для четвертого туру.

Членом експертної групи знову передають анкету з питаннями та результати статистичної обробки відповідей третього туру, причому відповіді узагальнені з обох сторін. Члени експертизи повинні взяти до уваги свої аргументи та їх критику. В залежності від бажання та потреби керівник може знову попросити аргументувати свою точку зору. Отримавши відповіді четвертого туру організатори експертизи обробляють їх та роблять остаточні висновки.

Необов'язково, щоб будь-який прогноз здійснювався через чотири тури опитувань. Якщо експерти дійшли згоди в другому турі, то опитування можна припинити.

Метод Дельфі, не дивлячись на ряд переваг, має і недоліки. Проведення опитувань в чотири та більше турів має за мету максимально зблизити точку зору експертів. Досвід показує, що досягається це не завжди. Крім того, багатотурове опитування подовжує процедуру складання прогнозу в часі і нерідко дратує експертів. Для того щоб усунути властиві методу Дельфі недоліки, розроблені його модифікації. Прикладом розвитку і удосконалення методу Дельфі є розробка SEER (System for Evaluation and Review) — система огляду та оцінювання подій, що усуває ряд недоліків методу Дельфі.

Методика SEER передбачає лише два тури опитувань. В кожному турі залучається різний склад експертів. Експерти першого туру — спеціалісти промисловості, експерти другого туру — найбільш кваліфіковані спеціалісти з органів, що приймають рішення, а також спеціалісти зі сфер природничих та технічних наук.

Експерти кожного туру практично не переглядають свої відповіді, за виключенням тих випадків, коли його відповідь виходить з встановленого інтервалу, в якому знаходиться переважна більшість оцінок (наприклад, інтервалу, в якому знаходяться 90% всіх оцінок).

Іншою модифікацією класичного методу Дельфі є методика «Початок — з чистого листа». Розробка вказаної методики обумовлена тим, що в першому турі перед деякими членами експертної групи виникають труднощі психологічного характеру, оскільки ситуація безструктурна, і тому деякі експерти не знають з чого почати.

Крім того, немає гарантії того, що прогнози, розроблені групою експертів після першого туру опитування, будуть задовольняти керівника

експертизи. Нарешті, при звуженні та уточненні питання в ході декількох турів цілком можлива ситуація, при якій один або декілька членів групи можуть не виявитися експертами в даній вузькій сфері знань. Тому суть методики «Початок - з чистого листа» в тому, що перший тур опитування проводиться з однією групою експертів, а подальші тури опитування, починаючи з другого, проводяться з іншою групою експертів. Частково склад груп може збігатись.

В процесі практичної реалізації методу Дельфі відомі випадки відмов від жорстких вимог застосування, де що простішим стає підхід до його використання, наприклад, виключається анонімність, якщо доводиться вибирати між виключенням анонімності та повною відмовою від використання методу; обмежуються зворотні зв'язки, коли з точки зору керівника експертизи думка незалежного експерта його влаштовує і оцінки його стають прогнозом, в протилежному випадку в якості прогнозної оцінки приймається групова медіана.

5.3 Підбір експертів¹

Точність та надійність прогнозів, розроблених на основі експертних оцінок, в першу чергу визначається складом експертної групи, їх професіоналізмом, обсягом знань, ерудованістю. Специфічні вимоги до членів експертної групи роблять свій відбиток на принципи їх відбору. При проведенні індивідуального експертного оцінювання до експерта висуваються більш суворі вимоги, ніж до експертів, що входять до складу групи. Пояснюється це більш високою відповідальністю експерта індивідуального оцінювання при формулюванні остаточних висновків. В цілому ж проблема підбору експертів для проведення експертизи складається з двох етапів.

На першому етапі, виходячи з задачі експертизи, необхідно виявити власне самих експертів. На другому етапі з виявлених експертів необхідно сформувати робочу групу.

Виявлення потенційних експертів здебільшого залежить від встановленої мети експертизи. Якщо складення прогнозу орієнтовано на зацікавленості 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, якщо вони занадто зайняті і не мають достатньо часу для продумання та обґрунтування відповіді. Оцінки їх в таких

¹Експерт в достименному перекладі з латинської мови означає «досвідчений», «обізнаний».

випадках будуть поспішні, а їх думка, як правило, чинить тиск на спеціалістів, що знаходяться на декілька щаблів нижче за службовим становищем.

Таким чином, на практиці потрібно йти на компроміс між залученням в групу експертів спеціалістів, службовий стан яких дає їм достатньо широкий кругозір, та залученням таких спеціалістів, що в змозі витратити необхідний час для відповідей на питання анкети. Оцінка рівня останніх може бути отримана в відділах кадрів, із звітів про службову кар'єру, росту оплати праці, а також з думок колег.

Якщо ж прогноз залежить не від знання організації, а вимагає широких знань в певній сфері, то спеціалістів слід шукати поза організацією. Підбір експертів за таких умов ускладнюється.

Вирішити таку проблему можна різними способами. Якщо на підприємстві (організації) є хоча б один спеціаліст в даній області знань, то його можна попросити назвати експертів зі сторони. Можливий також інший шлях. На основі аналізу літературних джерел з прогнозованої проблеми вибирається будь-який спеціаліст, що має декілька публікацій в даній області. Офіційно до нього звертаються з проханням назвати, на його думку, 10 найбільш компетентних в даній сфері спеціалістів. Потім звертаються одночасно до кожного з десяти, вказаних на першому етапі, спеціалістів, щоб вони вказали в свою чергу десять найбільш компетентних колег. З отриманого списку спеціалістів викреслюються 10 першочергових, а решті надсилаються листи, що містять вказане вище прохання. Таку процедуру повторюють до тих пір, поки ні один з вище-названих спеціалістів не додасть нових прізвищ до списку експертів, тобто поки не стабілізується мережа експертів. Сформований список експертів можна вважати генеральною сукупністю спеціалістів, компетентних в даній сфері знань.

Використовувати всіх спеціалістів 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 формуванні експертної групи необхідно вирішити дві важливі

проблеми: визначити число членів експертної групи та оцінити компетентність експертів.

Кількість експертів, включених до експертної групи, може бути від 10 до 150 чоловік. Число експертів суттєво 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 також потрібен компроміс між точністю та трудомісткістю роботи, часом проведення експертизи.

Установити оптимальну чисельність групи експертів є складна задача. На практиці встановлюється максимальна та мінімальна межа чисельності.

Максимальна чисельність експертної групи встановлюється на основі нерівності

$$n_{\max} \leq \frac{3 \sum_{i=1}^n k_i}{2k_{\max}}, \quad (5.1)$$

де $n_{\max}$ — максимальне число експертів в групі;

k_i — компетентність i -го експерта за шкалою компетентності;

$k_{\max}$ — максимально можлива компетентність експерта за шкалою компетентності.

Мінімальна чисельність експертної групи визначається за нерівністю

$$\frac{B - B'}{B_{\max}} < \varepsilon, \quad (5.2)$$

де B — середня оцінка прогнозованої величини в балах;

B' — середня оцінка, яка дана експертною групою, з якої виключений (або ж, навпаки, в яку включений) один експерт;

$B_{\max}$ — максимально можлива оцінка прогнозованої величини в прийнятій шкалі оцінок;

ε — задана величина зміни середньої помилки при включенні чи виключенні експерта.

Рекомендується також мінімальне значення числа експертів в групі визначити в залежності від заданої величини зміни середньої оцінки ε .

$$n_{\min} = 0,5 \left(\frac{3}{\varepsilon} + 5 \right) \quad (5.3)$$

Чисельність групи встановлюється в межах $n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$

Число експертів в групі можна визначити на основі теорії вибіркового спостереження

$$n = \frac{P(1-P)}{\Delta_p^2} t^2, \quad (5.4)$$

де n — потрібна кількість членів групи експертів;

P — питома вага експертів, які мають певні ознаки, що встановлені організаторами експертизи (наприклад, стаж роботи в даній сфері не менше 10 років, або кількість публікацій з прогнозованого питання не менше п'яти та ін.);

t — критерій Стюдента при заданому рівні істотності (інтервал довіри);

Δ_p — середня гранична помилка частки.

Розглянемо приклад обчислення числа експертів групи на основі теорії вибірових спостережень.

В загальному списку експертів, складеному з 150 спеціалістів, 75 має стаж роботи в досліджуваній сфері понад 15 років. Виходячи з заданої межі стажу роботи, визначити необхідну чисельність експертів при заданій ймовірності $P = 0,9545$ і середній граничній помилці частки 0,15.

Для залежності (5.4) $P = 75:150 = 0,5$, при $P = 0,9545$; $t = 2$

$$n = \frac{0,5(1-0,5)}{0,15^2} \cdot 2^2 = 44 \text{ експерта.}$$

Персональний склад експертної групи із загального числа претендентів формується з найбільш компетентних спеціалістів, котрі можуть проявити максимальну здатність до передбачення майбутнього і адекватного відображення тенденції та закономірності розвитку досліджуваного процесу (явища, об'єкта).

Для визначення компетентності експерта використовується анкетне опитування та самооцінювання.

Ступінь придатності спеціаліста до експертизи для анкетного опитування визначається за коефіцієнтом компетентності

$$k = \frac{\sum \gamma_{ij}}{\sum \gamma_j}, \quad (5.5)$$

де γ_{ij} — вага j -ої градації (підкресленої експертом, що оцінюється) i -ї характеристики в балах;

γ_j — максимальна вага j -ої характеристики в балах.

Самооцінка необхідна для додаткового оцінювання обізнаності експерта відносно конкретного питання, за яким робляться висновки. В процесі самооцінки кожен спеціаліст оцінює ступінь своєї освіченості за 10-бальною шкалою, підкреслюючи відповідні бали:

— «0» балів — експерт не знайомий з суттю обговорюваного питання;

— «10» балів — якщо питання входить в сферу вузької спеціалізації експерта; решта оцінок присвоюється в залежності від ступеня обізнаності

експерта в досліджуваній проблемі.

Компетентність експерта за самооцінкою обчислюється за формулою

$$k = \frac{\sum \lambda \ell}{\sum n}, \quad (5.6)$$

де $\lambda \ell$ — самооцінка (в балах), яка характеризує ступінь обізнаності спеціаліста з ℓ -ою проблемою;

n — максимально можлива самооцінка (10 балів).

Найкращі результати дає узагальнювальне оцінювання компетентності, яка включає як анкетний метод, так і самооцінювання.

Компетентність спеціаліста за комплексним методом визначається за формулою

$$k = \frac{\frac{\sum \gamma_{ij}}{\sum \gamma_i} + \frac{\sum \lambda \cdot l}{\sum n}}{m+1}, \quad (5.7)$$

де m — кількість використаних методів самооцінювання.

Крім оцінювання компетентності спеціалістів при формуванні групи експертів необхідно звернути увагу на ряд інших факторів (умов). Так, однією з труднощів при формуванні групи є проблема традиційних або професійних переконань визначеного кола спеціалістів. Якщо члени групи розділяють деякі переконання, то це обов'язково відіб'ється на прогнозі. Щоб виключити або ж звести до мінімуму вплив переконання групи експертів, доцільно формувати експертну групу з представників всіх напрямків і шкіл мислення в даній сфері.

При формуванні експертних груп важливо врахувати режим роботи спеціалістів. Якщо, наприклад, в якості експертів залучаються вчені вузів, то слід спланувати роботу так, щоб закінчити експертизу в ході навчального року, оскільки викладачі вузів, як правило, літом знаходяться у відпустці і можуть перебувати за межами свого місця проживання.

До складу експертної групи слід включати спеціалістів різного віку, різних організацій і бажано з різних географічних точок.

Можна провести репетицію експертизи за допомогою двох або ж декількох груп, щоб «перевірити» деякі елементи експертних оцінок. Одна група може бути складена з кандидатів в експерти, інша, контрольна, — з осіб, близьких за компетентністю та відібраної в результаті конкурсу групи. Порівняння оцінок, отриманих від кожного учасника такої репетиції, дозволяє в певній мірі встановити відносну ступінь надійності кандидатів в експертну групу.

Таким чином, формування компетентної експертної групи є, мабуть, одним з найважливіших рішень, що повинні бути прийняті організаторами експертизи, і від цього рішення залежить практично корисність прогнозу.

5.4 Організація та проведення експертного опитування

Вдале проведення експертизи потребує чіткої, добре продуманої організації робіт - від постановки задачі до подання споживачам (замовникам) прогнозової інформації у вигляді пояснювальної записки.

Прогнозування на основі методу експертного оцінювання, як і будь-як інші дослідження, повинно початися з попереднього формулювання задачі, цілей та призначення розробки прогнозу.

Успіх організації експертизи здебільшого залежить від розробки розгорнутої програми проведення робіт, яка включає такі основні етапи:

- відбір експертів та формування експертної групи в залежності від напрямку дослідження;
- методичне забезпечення розробки;
- інформаційне забезпечення розробки;
- кадрове забезпечення дослідження;
- програмне та технічне забезпечення дослідження;
- стимулювання членів експертної групи.

Питання відбору експертів та формування експертної групи достатньо викладені в попередньому параграфі. Разом з тим, при проведенні експертизи виникають ситуації в процесі формування експертних груп, які слід враховувати при здійсненні опитування. Для того, щоб скласти остаточний список членів експертної групи, слід насамперед розіслати листи з доданими анкетами всім потенційним експертам та одержати від них згоду на участь в експертизі. Досвід показує, що кількість отриманих відповідей становить, як правило, 50% і менше. Керівник дослідження повинен в першу чергу докласти зусиль, щоб підібрати тих експертів, чия участь в опитуванні необхідна. Крім того до складу групи слід включити якомога більше експертів, ніж це визначено розрахунками, тому що під час проведення експертизи деякі члени з різних причин можуть вибути або ж пропустити певні тури опитування.

Методичне забезпечення включає, в першу чергу, розробку прогнозних анкет, складання інструкцій для їх заповнення, сукупність моделей та методик, необхідних для розрахунку системи показників, що використовуються в експертних оцінках.

В анкетах повинно бути сформульовані питання, що відображають сутність проблеми, і на які повинні дати відповіді експерти. Форма і зміст питань визначаються специфікою об'єкта дослідження. Однак є загальні вимоги, які пред'являються до запитань:

- питання повинні бути чітко сформульовані в загальноприйнятій термінології;
- формулювання питання повинно виключити будь-яку смислову неоднозначність;
- питання повинні логічно відповідати структурі об'єкта прогнозування;

— питання не повинні складатися з декількох частин.

Всю сукупність питань в залежності від їх постановки можна розділити на відкриті та закриті, прямі та непрямі.

Відкрите запитання дає певну можливість відповідати без усяких обмежень. Відкриті запитання часто дають більше інформації, тому що опитуваний нічим не зв'язаний у відповідях. Особливо корисні відкриті запитання на пошуковому етапі дослідження.

Закрите запитання включає всі можливі альтернативні варіанти відповідей, і опитувані просто вибирають один з них. Анкета з закритим запитанням дозволяє охопити більшу сукупність та спрощує обробку результатів.

В прямих запитаннях опитуваним особам вказується реальна ціль дослідження, а в непрямих запитаннях реальна ціль не відкривається.

Анкета — це найбільш поширена форма дослідження при збиранні першочергових даних, причому інструмент дуже гнучкий, в тому плані, що запитання можна задавати багатьма різними способами. Анкета потребує ретельної розробки, опробовування та усунення виявлених недоліків до початку її широкого використання.

Дуже суттєве значення при проведенні експертизи має число запитань, що містяться в анкеті. Існує верхня межа кількості питань, яким члени експертної групи зможуть належним чином приділити належну увагу. Це число залежить від типу запитань. На практиці за верхню межу потрібно прийняти 25 питань. В деяких випадках число запитань може бути і більшим. Якщо ж число запитань зростає до 50, то керівник експертизи повинен їх добре вивчити, щоб бути впевненим в тому, що таке число запитань дійсно орієнтовано на вирішення важливих проблем, має рацію та дозволяє сконцентрувати зусилля експертів на вирішення поставлених задач або серед запитань є другорядні.

При проведенні опитування керівник повинен позбавитись від спокуси увійти в дискусію зі спірних питань, які можливі між деякими частинами експертної групи, ні в якому разі не нав'язувати свою думку. Якщо навіть керівник дізнався, що члени групи пропустили важливий аспект, він повинен відмовитись від прогнозу, розпустити групу експертів і сформувати нову.

При організації опитувань потрібно взяти до уваги, що метод Дельфі не дуже поширений, щоб бути упевненому в тому, що всі члени експертної групи знайомі з ним, і тим більше, знають його досконально. Тому в момент, коли анкети вперше направляються експертам, до неї має бути доданий короткий опис суті методу та інструкція для заповнення анкет.

Обробка анкет опитування включає обчислення цілого ряду показників, що дозволяють в кінцевому рахунку зробити остаточні узагальнювальні висновки. Серед організаторів експертизи повинні бути спеціалісти, що досконало володіють методикою обробки даних, які

містяться в опитувальних анкетах.

Організація будь-якого дослідження передбачає створення добре розвинутої інформаційної бази, що складається з нормативно-довідкової та змінної інформації.

Нормативно-довідкова інформація — це словники, коди, класифікатори, різні інструктивні матеріали з формування, оформлення, заповнення та обробки анкет.

Змінна інформація — це в першу чергу дані, що містяться в заповнених анкетах.

На стадії передпрогносної орієнтації, що передуює вибору та формулюванню задачі колективної експертної оцінки, здійснюється глибокий всебічний аналіз стану та тенденції розвитку прогнозованого процесу (явища, об'єкта) в країні та за кордоном. Джерелом інформації для проведення такого аналізу є:

- періодична література (статті в вітчизняних та закордонних журналах, збірниках та наукових бюлетнях, газетах);
- наукові звіти та огляди науково-дослідних та проектно-конструкторських організацій;
- наукові монографії, праці та дисертації;
- статистичні дані;
- патенти та авторські свідоцтва, раціоналізаторські пропозиції;
- нормативно-технічна документація (стандарты, технічні умови, норми і правила розрахунків та проектування);
- звіти про закордонні відрядження спеціалістів;
- дані про діяльність закордонних фірм;
- матеріали симпозіумів, семінарів, конференцій.

Перелічені джерела інформації використовуються не тільки організаторами експертизи, але й експертами.

Реалізація методу експертного оцінювання, як і іншого методу прогнозування, неможлива без відповідного програмного забезпечення та технічних засобів.

Технічні засоби — це в першу чергу обчислювальна техніка та засоби зв'язку, оргтехніка.

Програмні засоби повинні забезпечити формування та зберігання масивів інформації, видачу їх на пристрої друку та відеотермінали за графіком чи на запит.

Вдале проведення експертизи практично неможливе без стимулювання членів експертної групи — морального та матеріального. Моральне стимулювання включає, наприклад гарантію для експертів на основі правових норм оформлення пріоритету та авторства на нові ідеї, які висунуті в процесі експертизи, включення в план роботи, співавторство в наукових звітах та ін.

Науково обґрунтований прогноз — це цінний товар, на розробку

якого витрачається праця високопрофесійних спеціалістів. І як будь-який товар, він не має бути безкоштовним. Ось чому матеріальна зацікавленість експертів - важлива умова добросовісного проведення експертизи. Тим більше, як свідчить досвід, відсутність прогнозу чи поганий прогноз обійдеться споживачам прогнозової інформації дорожче.

5.5 Визначення кількісних параметрів та показників експертного опитування

Питання, які є в опитувальних анкетах, можуть бути орієнтовані на оцінювання часу та ймовірності настання різних подій, визначення кількісних значень параметрів та показників, оцінювання питомої ваги різних варіантів рішень, оцінювання відносної важливості параметрів, факторів, напрямків розвитку.

При оцінюванні часу здійснення певної події або визначення кількісних значень показників та параметрів в якості узагальнювальних характеристик даних експертного опитування вживаються мода, медіана, верхній та нижній квартилі.

Визначення узагальнювальних характеристик розглянемо на наступному прикладі. Групі експертів було задане запитання про час здійснення певної події. Після проведення четвертого туру отримані такі результати (табл.5.1)

Таблиця 5.1 - Інтервальний ряд розподілу часу здійснення події

Час здійснення подій, х	Кількість експертів, що відповіли на анкету (частота), f	Накопичувані (кумулятивні) частоти відповідей експертів, f'
До3	5	5
3-5	7	12
5-7	15	27
7-9	25	52
9-11	20	72
11-13	15	87
13-15	10	97
Більше 15	3	100
Разом	100	—

Кумулятивна частота визначається послідовним накопичуванням первинних частот. Для визначення кумулятивних частот можна скористатися такими залежностями:

$$f'_1 = f_1; f'_i = f'_{i-1} + f_i \text{ (для } i > 1) \sum f_i = f'_n. \quad (5.8)$$

Мода та медіана — це різновиди середніх величин, які називаються

умовно- структурними середніми.

Мода — це величина ознаки, яка найчастіше зустрічається у вибірковій сукупності. Медіана умовно ділить ряд розподілу на дві рівні частини.

Мода в інтервальному варіаційному ряді обчислюється за формулою

$$M_o = x_{M_o} + i_{M_o} \frac{(f_{M_o} - f_{M_o-1})}{(f_{M_o} - f_{M_o-1}) + (f_{M_o} - f_{M_o+1})}, \quad (5.9)$$

де x_{M_o} — мінімальне значення ознаки модального інтервалу (модальним вважається інтервал з найбільшою частотою);

i_{M_o} — розмір модального інтервалу;

$f_{M_o}, f_{M_o-1}, f_{M_o+1}$ — відповідно значення частот модального інтервалу, інтервалів, які передують і слідує за модальним.

В нашому прикладі модельний інтервал — це 7-9, тому що для нього характерна найбільша частота ($f=25$).

Звідси, з врахуванням даних табл. 5.1.

$$M_o = 7 + 2 \frac{(25-15)}{(25-15) + (25-20)} = 8,3$$

Отже, найбільше число експертів передбачає настання події орієнтовно через 8 років. Медіана в інтервальному варіаційному ряді обчислюється за формулою

$$M_e = x_{M_e} + i_{M_e} \frac{\sum f - S_{M_e-1}}{f_{M_e}}, \quad (5.10)$$

де x_{M_e} — мінімальне значення медіанного інтервалу (медіанним вважається інтервал, в якому кумулятивна сума частот дорівнює або перевищує половину суми частот, тобто $f_i \geq \sum 1:2$);

i_{M_e} — розмір медіанного інтервалу;

$\sum f$ — сума частот (кількість експертів);

S_{M_e-1} — сума кумулятивних частот в інтервалі, який передуює медіанному;

f_{M_e} — частота медіанного інтервалу.

Згідно з даними табл. 5.1. медіанний інтервал складає 7-9, тобто збігається з модальним інтервалом.

Якщо підставити відповідні дані в формулу (5.10), отримаємо

$$M_e = 7 + 2 \frac{\frac{100}{2} - 27}{25} = 8,8$$

Аналіз величини медіани дозволяє зробити висновок про те, що період 8,8 років ділить усіх експертів на дві рівні частини: перша частина експертів передбачає

здійснену подію до названої величини; друга, яка рівна за величиною першій, обумовлює здійснення події після 8,8 років з початку відліку (базисного періоду).

Такого роду розрахунки, які доповнені кварталіями, здійснюються після кожного туру опитування, результати повідомляються кожному експерту.

Для оцінювання питомої ваги різних видів рішень для зручності будується гістограма. Шкала гістограми ділиться на декілька частин, наприклад, на п'ять частин. Кожна така частина відображає ширину інтервалу в 20 відсотків.

Висота стовпця в гістограмі пропорційна питомій вазі (в %) числу оцінок в середині певного інтервалу.

В економічному прогнозуванні широке розповсюдження отримало оцінювання порівняльної важливості окремих факторів (параметрів, напрямків). Оцінювання експертом відносної важливості факторів здійснюється, як правило, шляхом присвоєння деякої кількісної оцінки, наприклад, за 100-бальною системою. Експерт надає кожному фактору (параметру, напрямку) кількість балів в межах від 0 до 100. Нуль присвоюється в тому випадку, якщо фактор, на думку експерта, не має суттєвого значення, 100 балів присвоюється тому фактору, який має найбільш важливе вирішальне значення. Експерт може надати однакову кількість балів декільком факторам, якщо на його думку вони однаково суттєві. При обробці матеріалів колективного експертного оцінюванні відносної ваги факторів (параметрів, напрямку) доцільно використовувати метод рангової кореляції. Тому дані, отримані в балах, відповідним чином ранжують при зменшенні та отримують оцінки рангів. Порядковий номер, що визначає місце кожного фактора в загальній сукупності факторів, називається рангом. Зазвичай ранги відповідають числам натурального ряду 1, 2, 3, ..., n , де n — кількість ранжованих факторів. Ранг, рівний одиниці, присвоюється найбільш важливому фактору; ранг з максимальним числом n — найменш важливому фактору. Якщо експерт присвоює однакову кількість балів декільком факторам, то їм присвоюється стандартизовані ранги. Стандартизований ранг — це частка від ділення суми місць, зайнятих факторами з однаковими рангами, на загальну кількість таких альтернатив.

Наприклад. Припустимо, що експерт поставив напрямкам досліджень такі бали: 100, 90, 90, 90, 80, 60, 50, 50, 40.

Тоді займані місця кожного напрямку згідно з кількістю балів складають: 1; 2-4; 5; 6; 7-8; 9.

Використовуючи правила визначення стандартизованих рангів, отримаємо такі їх значення: 1; 3; 3; 3; 5; 6; 7,5; 7,5; 9, де $3 = (2+3+4):3$; $7,5 = (7+8):2$.

Введемо такі умовні позначення вихідних даних:

m — кількість експертів, що взяли участь в колективному експертному оцінюванні;

1, 2, 3, ..., i , ..., m — можливі номери експертів;

n — кількість напрямків досліджень, що запропоновані до оцінювання;

$1, 2, 3, \dots, j, \dots, n$ — можливі номери напрямків досліджень;

m_j — кількість експертів, які оцінили j -ий напрямок;

m_{100j} — кількість максимально можливих оцінок (100 балів), отриманих j -им напрямком досліджень;

C_{ij} — оцінка відносної ваги (в балах), даних i -ому експертом j -ому напрямку досліджень.

Всі бальні оцінки експертів, що приймають значення від 0 до 100, можна розмістити в окрему матрицю (таблицю). (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 - МАТРИЦЯ БАЛІВ

Експерти Напрямки	1	2	3	...	m
1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	...	C_{1m}
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	...	C_{2m}
3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	...	C_{3m}
...	...	...	...	...	...
n	C_{n1}	C_{n2}	C_{n3}	...	C_{nm}

Таблицю балів необхідно перетворити в таблицю (матрицю) рангів методом, викладеним вище, тобто елементи матриці балів C_{ij} перетворюються в елементи матриці рангів R_{ij} . R_{ij} — це ранг оцінювання i -м експертом j -го напрямку (таблиця 5.3).

При обробці результатів експертних оцінок за відносною важливістю напрямків визначається ряд статистичних характеристик, на основі яких оцінюються кожний напрямок (параметр, фактор).

Таблиця 5.3 - МАТРИЦЯ РАНГІВ

Експерти Напрями	1	2	3	...	m
1	R_{11}	R_{12}	R_{13}	...	R_{1m}
2	R_{21}	R_{22}	R_{23}	...	R_{2m}
3	R_{31}	R_{32}	R_{33}	...	R_{3m}
...	...	...	...	...	...
n	R_{n1}	R_{n2}	R_{n3}	...	R_{nm}

Процедура обробки даних анкет опитування розглядається на умовному прикладі.

Є такі дані про результати оцінювання десяти напрямків, поданих чотирма експертами.

1-й експерт

Напрямок	Кількість балів
1	100
2	90
3	90
4	90
5	70
6	80
7	50
8	50
9	40
10	60

2-й експерт

Напрямок	Кількість балів
1	100
2	100
3	80
4	70
5	90
6	60
7	60
8	60
9	50
10	50

3-й експерт

Напрямок	Кількість балів
1	90
2	80
3	100
4	70
5	50
6	60
7	40
8	30
9	20
10	10

4-й експерт

Напрямок	Кількість балів
1	80
2	100
3	90
4	70
5	60
6	50
7	50
8	40
9	0
10	20

На основі даних опитування сформована матриця балів (табл. 5.4)

Таблиця 5.4 - МАТРИЦЯ БАЛІВ ОЦІНЮВАННЯ НАПРЯМКУ РОЗВИТКУ

Напрямки (фактори, параметри)	Експерти			
	1	2	3	4
1	100	100	90	80
2	90	100	80	100
3	90	80	100	90
4	90	70	70	70
5	70	90	50	60
6	80	60	60	50
7	50	60	40	50
8	50	60	30	40
9	40	50	20	0
10	60	50	10	20

Матрицю балів перетворюємо в матрицю рангів (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 МАТРИЦЯ РАНГІВ ОЦІНЮВАННЯ НАПРЯМКУ РОЗВИТКУ

Напрямки (фактори, параметри)	Експерти			
	1	2	3	4
1	1	1,5	2	3
2	3	1,5	3	1
3	3	4	1	2
4	3	5	4	4
5	6	3	6	5
6	5	7	5	6,5
7	8,5	7	7	6,5
8	8,5	7	8	8
9	10	9,5	9	10
10	7	9,5	10	9

Сума рангів, призначених експертами j -ому напрямку досліджень, визначається за формулою

$$S_j = \sum_{i=1}^m R_{ij} \quad (5.11)$$

Для першого напрямку сума рангів дорівнює

$$S_1 = 1 + 1,5 + 2 + 3 = 7,5$$

Для другого напрямку сума рангів дорівнює

$$S_2 = 3 + 1,5 + 3 + 1 = 8,5$$

Аналогічно визначається для усіх напрямків. Очевидно, чим менша сума рангів, тим важливіший певний напрямок.

Середній ранг для кожного напрямку дорівнює

$$\bar{S}_j = \frac{\sum_{i=1}^m R_{ij}}{m} = \frac{S_j}{m} \quad (5.12)$$

Для першого напрямку середній ранг дорівнює

$$\bar{S}_1 = \frac{7,5}{4} = 1,875$$

Для другого напрямку середній ранг дорівнює

$$\bar{S}_2 = \frac{8,5}{4} = 2,125$$

При порівнянні важливості різних напрямків за S_j найбільш важливим слід вважати напрямок, що характеризується найменшим значенням середньої величини рангу.

Поряд з середніми рангами для кожного напрямку визначається

середня величина в балах

$$M_j = \sum_{i=1}^m c_{ij} / m_j \quad (5.13)$$

Середнє значення (M_j) може приймати значення від 0 до 100 в залежності від того, яку оцінку відповідно з важливістю дали експерти тому чи іншому напрямку.

Середнє значення (в балах) для першого напрямку дорівнює

$$M_1 = (100+100+90+80)/4=92,5 \text{ бала.}$$

Аналогічно визначаються середні значення і для інших напрямків.

Нагадаємо, що при визначенні середнього значення в балах, враховується тільки та кількість експертів, котра дала оцінку певному напрямку. Оскільки дев'ятому напрямку один з експертів не поставив кількість балів, то в такому випадку середня кількість визначається без урахування одного експерта, тобто

$$M_9 = (40+50+20)/3=36,67 \text{ бала.}$$

Чим більше значення M_j , тим більше, на думку експертів, важливість розвитку j -го напрямку.

При оцінюванні важливості окремих напрямків представляє інтерес показник частоти максимально можливих оцінок, що визначається за формулою .

$$K_{100j} = \frac{m_{100j}}{m_j} \quad (5.14)$$

Показник K_{100j} може приймати значення в межах від 0 до 1. Важливість j -го напрямку збільшується при зміні K_{100j} від 0 до 1.

Для першого і для другого напрямків K_{100j} дорівнює

$$K_{100j} = \frac{2}{4} = 0,5 .$$

Для третього напрямку K_{100j} буде дорівнювати

$$K_{100j} = \frac{1}{4} = 0,25 .$$

Для всіх інших семи напрямків $K_{100j} = 0$.

Показник K_{100j} слід розглядати як додатковий до інших показників оцінювання відносної важливості напрямку. Він характеризує важливість розвитку j -го напрямку з точки зору кількості поставлених йому перших місць. Перевагу тому чи іншому напрямку слід віддавати в першу чергу в

залежності від середніх величин рангу чи балів. І тільки при інших рівних умовах напрямок можна вважати найбільш важливим при максимальному значенні K_{100j} .

Крім абсолютних величин оцінювання важливості напрямку при обробці даних анкет опитування застосовуються також відносні показники. Для цього індивідуальні показники спочатку нормуються, а потім обчислюються середньозважені величини. Нормування - це перехід від абсолютних величин до відносних.

Середня вага кожного напрямку (нормована оцінка) розраховується за формулою

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^m W_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m W_{ij}} \quad \{w_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_{j=1}^n C_{ij}} \quad (5.15)$$

За даними табл. 5.4:

$$W_{1.1} = 100 : (100 + 90 + 90 + 90 + 70 + 80 + 50 + 50 + 40 + 60) = 0,139;$$

$$W_{2.1} = 90 : (100 + 90 + 90 + 90 + 70 + 80 + 50 + 50 + 40 + 60) = 0,125;$$

$$W_{3.1} = 90 : (100 + 90 + 90 + 90 + 70 + 80 + 50 + 50 + 40 + 40) = 0,125.$$

Аналогічно визначаються $W_{i,j}$ для кожного напрямку та для кожного експерта.

В табл. 5.6 наведені дані відносних показників для кожного напрямку з урахуванням думки окремих експертів.

Таблиця 5.6 - МАТРИЦЯ ВІДНОСНОГО ЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ (ФАКТОРІВ, ПАРАМЕТРІВ)

Напрямки (фактори, параметри)	Експерти			
	1	2	3	4
1	0,139	0,139	0,164	0,143
2	0,125	0,139	0,145	0,179
3	0,125	0,111	0,182	0,161
4	0,125	0,097	0,127	0,125
5	0,097	0,125	0,091	0,107
6	0,111	0,083	0,109	0,089
7	0,069	0,083	0,073	0,089
8	0,069	0,083	0,055	0,071
9	0,056	0,069	0,036	0,000
10	0,083	0,069	0,018	0,036

Оскільки сума відносних значень, поставлених кожним експертом всім напрямкам, дорівнює 1, то $\sum_{j=1}^N \cdot \sum_{i=1}^M W_{ij}$ по суті дорівнює кількості експертів, що беруть участь в експертизі.

Тому

$$W_1 = (0,139 + 0,139 + 0,164 + 0,143) : 4 = 0,146.$$

$$W_2 = (0,125 + 0,139 + 0,145 + 0,179) : 4 = 0,147.$$

Аналогічно обчислюються середні відносні значення зі всіх напрямків.

На основі матриці рангів будується матриця переваги, суть якої полягає в тому, щоб оцінити, скільки експертів віддають перевагу даному напрямку порівняно з іншими, або, іншими словами, матриця переваг визначає число випадків, коли напрямок j , визначається як більш важливий за напрямок Z .

Матриця переваг, показники якої обчислені на основі даних матриці рангів (табл. 5.5), наведена в таблиці 5.7.

Матриця переваг будується таким чином. Для визначення елементу 1.2 (клітинка на перетині 1-го рядка та 2-го стовпця) матриці переваги аналізуються рядки 1 та 2 матриці рангів табл.(5.5) і визначається, скільки разів ранги першого напрямку вищі в порівнянні з рангами другого напрямку, або, іншими словами, скільки разів елементи першого рядка менше елементів другого рядка.

Таблиця 5.7 - МАТРИЦЯ ПЕРЕВАГ

Напрямки (фактори, пара- метри)	Напрямки (фактори, параметри)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	2	2	4	4	4	4	4	4	4
2	1	-	2	3	4	4	4	4	4	4
3	2	1	-	3	3	4	4	4	4	4
4	0	0	0	-	3	4	4	4	4	4
5	0	0	1	1	-	2	4	4	4	4
6	0	0	0	0	2	-	2	3	4	4
7	0	0	0	0	0	0	-	2	4	3
8	0	0	0	0	0	0	0	-	4	3
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1
10	0	0	0	0	0	0	1	1	2	-

Для розрахунку елементу 1.3 порівнюються рядки 1 та 3 матриці

рангів, а потім виконуються ті ж дії, що і раніше, і т. д.

Для розрахунків елементів матриці переваг 2.1, 2.3, 2.4 порівнюються елементи матриці рангів 2-го рядка послідовно з 1-им, 3-ім, 4-им рядками. Подальші дії аналогічні розрахункам першого рядка матриці переваг.

Таким методом обчислюються всі рядки матриці переваг.

Оскільки оцінки, поставлені кожним експертом окремим напрямком ризиків, як правило, значно, доцільно обчислювати розкид, використовуючи для цього залежність

$$L_j = C_{j_{\max}} - C_{j_{\min}}, \quad (5.16)$$

де L_j - розкид оцінок, в балах, даних j -му напрямку,

$C_{j_{\max}}$, $C_{j_{\min}}$ - відповідно максимальна та мінімальна оцінки, поставлені j -му напрямку окремим експертом.

Активність експертів кожного напрямку обчислюється за допомогою коефіцієнта активності

$$K_{aj} = \frac{m_j}{m}, \quad (5.17)$$

де K_{aj} - коефіцієнт активності експертів j -го напрямку;

m_j - кількість експертів, що оцінили j -й напрямку;

m - загальна кількість експертів.

В табл. 5.1 наведені показники, що відображають порівняльну важливість напрямків, обчислених за формулами (5.11-5.17)

Оцінювання показників відносної важливості напрямків, що містяться в табл. 5.1, свідчать про те, що група експертів віддала перевагу в основному першому та другому напрямкам і менш схильна вважати доцільним 10-й і особливо 9-й напрямку.

Разом з тим, як показує величина розкиду, за виключенням 5-го, 9-го та 10-го напрямків особливого розкиду в оцінках експертів не спостерігається. За значенням показника активності експертів можна судити, з одного боку, про компетентність експертів, а з іншого боку, що всі напрямки досить обґрунтовані, оскільки, за виключенням 9-го напрямку, всі експерти дали оцінку запропонованим напрямкам. Показники частоти максимально можливих оцінок свідчать про те, що тільки для трьох напрямків експерти призначили 100-бальну оцінку, з них для перших двох напрямків двічі, для третього – один раз.

Таким чином, організатори експертизи повинні з перших двох, а можливо навіть з перших трьох напрямків шляхом зіставлення та додаткових оцінок вибрати найбільш прийнятний напрямку.

Таблиця 5.8 - Показники порівняльної важливості напрямків

[illegible]

5.6 Оцінювання ступеня узгодженості думок експертів

Оцінювання відносної важливості напрямків (факторів, параметрів) не обмежується обробка даних опитувальних анкет. Не менш важливі питання для наукового обґрунтування прогнозу має оцінювання показника ступеня узгодженості думок експертів за допомогою системи показників.

Для оцінювання узагальненої міри узгодженості думок зі всіх напрямків (факторам, параметрам) використовується коефіцієнт конкордації

$$K_{\text{кон}} = \frac{\sum_{j=1}^n d_j^2}{\frac{1}{12} \left[m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i \right]} \quad d_j = S_j - \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n}, \quad S_j = \sum_{i=1}^m R_{ij}$$

$$T_i = \sum_{l=1}^L (t_e^3 - t_e), \quad (5.18)$$

де L - кількість груп зв'язаних (однакових) рангів;

t_i - кількість зв'язаних рангів в кожній групі.

За даними таблиці 5.5 $L=6(3; 3; 3); (8.5; 8.5); (1.5; 1.5); (7; 7; 7); (9.5; 9.5), (6.5; 6.5)$.

Звідси $t_{i1}=3; t_{i2}=2; t_{i3}=2; t_{i4}=3; t_{i5}=2; t_{i6}=2$.

Для визначення коефіцієнта конкордації використовуємо дані табл.

5.5. Проміжні розрахунки показані в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ СУМИ РАНГІВ ТА КВАДРАТІВ ВІДХИЛЕНЬ СУМИ РАНГІВ ВІД СЕРЕДНЬОЇ СУМИ

Напрямки (фактори, пара- метри)	Експерти				Сума рангів, S_j	Відхилення суми від середньої суми, d_j	d_j^2
	1	2	3	4			
1	1	1,5	2	3	7,5	-14,5	210,25
2	3	1,5	3	1	8,5	-13,5	182,25
3	3	4	1	2	10,0	-12,0	144,00
4	3	5	4	4	16,0	-6,0	36,00
5	6	3	6	5	20,0	-2,0	4,00
6	5	7	5	6,5	23,5	1,5	2,25
7	8,5	7	7	6,5	29,0	7,0	49,00
8	8,5	7	8	8	31,5	9,5	90,25
9	10	9,5	9	10	38,5	16,5	272,25
10	7	9,5	10	9	35,5	13,5	182,25
Разом:	-	-	-	-	220,0	-	1172,5
в серед- ньому	-	-	-	-	22,0	-	-

Розрахуємо результати проміжних розрахунків, підставляючи в формулу коефіцієнта конкордації.

$$\sum_{i=1}^m T_i = (3^3 - 3) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (3^3 - 3) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 72$$

$$K_{\text{кон}} = \frac{1172,5}{12 [4^2(10^3 - 10) - 4 \cdot 72]} = 0,905$$

Коефіцієнт конкордації приймає значення від 0 до 1. Чим більше значення коефіцієнта конкордації, тим вище ступінь узгодженості думок експертів. При $K_{\text{кон}}=1$ є повна узгодженість думок експертів; якщо $K=0$, то узгодженість практично відсутня.

Статистична істотність коефіцієнта конкордації перевіряється за критерієм Пірсона (χ_p^2)

$$\chi_p^2 = \frac{\sum_{j=1}^n d^2}{\frac{1}{12} [mn \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^m T_i]} \quad (5.19)$$

На основі раніше розрахованих даних

$$\chi_p^2 = \frac{1172,5}{\frac{1}{12} [4 \cdot 10(10+1) - \frac{1}{10-1} \cdot 72]} = 32,569$$

Розраховане значення χ_p^2 зіставляється з табличним значенням χ_r^2 для $n-1$ ступенів свободи та довірчої ймовірності ($P=0,95$ або $P=0,99$). Якщо $\chi_p^2 > \chi_r^2$, то коефіцієнт конкордації істотний, якщо ж $\chi_p^2 < \chi_r^2$, то необхідно збільшити кількість експертів. Для наведеного прикладу при 10-1 ступенів свободи та $P=0,95$ $\chi_r^2=16,92$, а для $P=0,99$ $\chi_r^2=21,67$.

І в тому, і в іншому випадках $\chi_p^2 > \chi_r^2$, отже, коефіцієнт конкордації статистично істотний.

При оцінюванні узгодженості думок експертів важливо визначити, в якій мірі кожний експерт впливає на узагальнену узгодженість групи. Для цього послідовно з розрахунків виключається один експерт та обчислюється коефіцієнт конкордації без врахування думок виключеного експерта.

В табл. 5.10 наведені коефіцієнти конкордації, що розраховані без врахування думок одного з експертів.

Таблиця 5.10 - Коефіцієнт конкордації, обчислений шляхом послідовного виключення одного з експертів

Виключається експерт	Значення	
	Коефіцієнта конкордації	Істотність коефіцієнта конкордації (x^2)
0	0,905	32,569
1	0,929	25,082
2	0,930	25,104
3	0,908	24,522
4	0,894	24,136

Отже, виключення першого чи другого експерта сприятливо впливає на узгодженість думок експертів. Навпаки, виключення 4-го експерта знижує загальну узгодженість всієї групи, а виключення 3-го експерта практично не впливає на зміну показника узгодженості експертів.

Виключати з розрахунків окремих експертів, що мають оригінальну точку зору, необхідно з великою обережністю. В процесі багатотурової експертизи можливі випадки, коли такі експерти привернуть на свій бік значну частину групи.

Розкид думок експертів, рівень якого по суті відображає узгодженість думок, оцінюється, окрім коефіцієнта конкордації, за допомогою інших статистичних показників, в тому числі:

а) дисперсія оцінок, даних j -му напрямку

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{m_j - 1} \sum_{i=1}^m (C_{ij} - M_j)^2 \quad (5.20)$$

M_j визначається за формулою (5.13), а їх значення наведені в табл. 5.8, п.3.

Для прикладу розрахуємо дисперсію оцінок для 1-го напрямку ($M_j=92.5$)

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{4-1} [(100-92.5)^2 + (100-92.5)^2 + (90-92.5)^2 + (80-92.5)^2] = 91.667$$

б) коефіцієнт варіації оцінок, даних j -ому напрямку

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (C_{ij} - M_j)^2}{m_j - 1}} \quad (5.21)$$

Для першого напрямку коефіцієнт варіації оцінок складе

$$\gamma_j = \frac{\sigma_j}{M_j} \cdot 100\%$$

$$\gamma_j = \frac{\sqrt{91,667}}{92,5} \cdot 100\% = 10,35\%$$

в) загальна дисперсія оцінок

$$\sigma_o^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (M_j - M)^2 \quad (5.22)$$

де

$$M = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m C_{ij}}{\sum_{j=1}^n m_j}$$

г) загальна дисперсія рангів

$$\sigma_p^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\bar{S}_j - \bar{S})^2 \quad (5.23)$$

де

$$\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m R_{ij}}{\sum_{j=1}^n m_j}$$

Загальна дисперсія оцінок та рангів відображає узагальнену характеристику узгодженості думок експертів зі всіх напрямків, в той час як показники, які розраховані в п.п. а); б) – тільки по окремих напрямках.

В табл. 5.11 наведені результати розрахунків дисперсії оцінок та коефіцієнтів варіації оцінок по всіх напрямках, обчислених аналогічно першому напрямку.

Таблиця 5.11 - Показники узгодженості думок експертів по певних напрямках

Показники	Умовні позначення	Напрямок (фактори, параметри)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дисперсія оцінки	σ_j	91, 67	91,67	66, 67	100,00	291,67	158,33	66, 67	166,67	603,70	466, 67
Коефіцієнт варіації оцінок, %	V_j	10,35	10,35	9,07	11,33	25,30	20,13	16, 33	28,69	67,01	68, 01

Для визначення загальної дисперсії можна скористатися даними табл. 5.8 п.1 та п. 2.

$$\bar{S} = \frac{7,5+8,5+10,0+16,0+20,0+23,5+29,0+31,5+38,5+35,5}{10+10+10+9} = \frac{220}{39} = 5,641$$

(Оскільки 4-й експерт не оцінив 9-й напрямок, то для останнього $M_j=10-1=9$).

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{10-1} \cdot [(1,875-5,641)^2 + (2,125-5,641)^2 + (2,500-5,641)^2 + (4,000-5,641)^2 + (5,000-5,641)^2 + (5,875-5,641)^2 + (7,250-5,641)^2 + (7,875-5,641)^2 + (9,625-5,641)^2 + (8,875-5,641)^2] =$$

$$= 1/9(14,183+12,362+9,866)+2,693+0,411+0,055+2,589+4,991+15,872+10,459) = 73,481/9=8,164.$$

Аналогічно визначається загальна дисперсія оцінок в балах тільки замість величин рангів використовуються відповідні величини кількості балів.

За використаними в прикладі даними $\sigma_o^2 = 509,091$. Наведена вище система показників відображає ступінь узгодженості думок в загальному або по окремих напрямках.

Значний інтерес представляє показник узгодженості думок кожного окремо взятого експерта з думками кожного із решти експертів.

Ступінь збігу думок двох експертів визначається за допомогою коефіцієнта парної рангової кореляції між оцінками двох будь-яких експертів α і β та інформаційної міри збігу думок (Устюжанінова).

Коефіцієнт парної рангової кореляції між оцінками двох експертів визначається за формулою

$$P_{\alpha\beta} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n \psi_j^2}{\frac{1}{6} \cdot (n^3 - n) - \frac{1}{12} (T_{\alpha} + T_{\beta})}, \quad (5.24)$$

де ψ_j - різниця за модулем величин рангів оцінок j -го напрямку, поставлених експертами α і β

$$\psi_j = |R_{\alpha j} - R_{\beta j}|,$$

де T_{α}, T_{β} - показники зв'язаних рангів оцінок експертів α і β , що визначаються аналогічно, як і для коефіцієнта конкордації.

Коефіцієнт парної рангової кореляції може приймати значення: $-1 \leq P \leq +1$. Якщо $P=1$, то це відповідає повному збігу думок двох експертів. Значення $P=-1$ означає, що думки експертів відносно ранжування важливості напрямків (факторів, параметрів) взаємно протилежні.

Обчислимо коефіцієнт парної рангової кореляції для перших двох експертів. Для зручності та наочності чисельник формули (5.24) розрахуємо в таблиці (таблиця 5.12)

Таблиця 5.12 - Розрахунок квадрата різниці величин рангів оцінок двох експертів

Напрямок (фактор, параметр)	Ранги експертів		$ R_{1j} - R_{2j} $	$ R_{1j} - R_{2j} ^2$
	R_{1j}	R_{2j}		
1	1	1,5	0,5	0,25
2	3	1,5	1,5	2,25
3	3	4	1	1,00
4	3	5	2	4,00
5	6	3	3	4,00
6	5	7	2	4,00
7	8,5	7	1,5	2,25
8	8,5	7	1,5	2,25
9	10	9,5	0,5	0,25
10	7	9,5	2,5	6,25
Разом:	—	—	—	31,5

Зв'язані ранги відповідно дорівнюють

$$T_1 = (3^3 - 3) + (2^3 - 2) = 30; \quad T_2 = (2^3 - 2) + (3^3 - 3) = 30.$$

Підставимо результати проміжних розрахунків у формулу (5.24) і обчислимо коефіцієнт парної рангової кореляції між оцінками 1-го та 2-го експертів

$$\rho_{1,2} = 1 - \frac{31,5}{\frac{1}{6}(10^3 - 10) - \frac{1}{12}(30 + 30)} = 0,803$$

В табл. 5.13 наведені коефіцієнти парної рангової кореляції між оцінками всіх можливих пар експертів.

Таблиця 5.13 - Матриця коефіцієнтів парної рангової кореляції

Експерти	Експерти			
	1	2	3	4
1	1	0,803	0,886	0,867
2		1	0,833	0,916
3			1	0,930
4				1

Із значень коефіцієнтів парної рангової кореляції виходить, що ступінь збігу думок між парами експертів достатньо велика, особливо між 2-м, 3-м та 4-м експертами.

Інформаційна міра збігу думок (Устюжанінова) обчислюється за формулою

$$E_{\alpha,\beta} = \frac{2n_{\alpha,\beta}}{n_{\alpha} \log_2(1 + \frac{n_{\beta}}{n_{\alpha}}) + n_{\beta} \log_2(1 + \frac{n_{\alpha}}{n_{\beta}})} \quad (5.25)$$

де $E_{\alpha,\beta}$ - міра збігу думок експертів α і β ;

$n_{\alpha,\beta}$ - кількість напрямків (факторів, параметрів), однаково оцінених експертами α і β (за балами);

n_{α}, n_{β} - кількість факторів, оцінених відповідно експертом α та експертом β (якщо напрямок оцінено в 0 балів, то в кількість оцінених воно не включається).

Розрахуємо інформаційну міру збігу думок між першими двома експертами

(дані з табл.5.4)

$$E_{1,2} = \frac{2 \times 1}{10 \times \log_2(1 + 10/10) + 10 \log_2(1 + 10/10)} = 0,100.$$

В табл.5.14 наведені показники інформаційної міри збігу думок (Устюжанінова) між окремими експертами групи.

Таблиця 5.14 - Матриця показників інформаційної міри збігу думок експертів

Експерти	Експерти			
	1	2	3	4
1	1	0,100	0	0,211
2		1	0,200	0,211
3			1	0,106
4				1

5.7 Аналіз результатів опитування експертів

Завершальним етапом експертного оцінювання є аналіз результатів опитування, що служать інформаційним та рекомендаційним матеріалом для прийняття управлінських рішень. Аналізу повинні підлягати не лише система статистичного оцінювання, але й весь хід проведення експертизи: визначення цілей, підбір експертів, складання опитувальних анкет, організація проведення опитування. Всі етапи експертизи повинні бути ретельно проаналізовані, щоб виявити всі негативні моменти і виключити їх в майбутньому. Система статистичних характеристик, отриманих за результатами обробки статистичних анкет — це лише сукупність показників, «сировина», що потребує вмілого та професіонального осмислення, оцінювання, тлумачення, від яких, в кінцевому результаті, залежить успіх та практична цінність всієї експертизи.

Методика проведення аналізу результатів опитування експертів залежить, по-перше, від виду експертизи – індивідуальної чи колективної, а по-друге, від напрямку експертизи – визначення часу здійснення певної події, оцінювання очікуваних в майбутньому величин параметрів об'єктів (процесів, явищ); оцінювання відносної важливості фактора (напрямку); оцінювання питомої ваги різних видів рішень та ін. Враховуючи певну обмеженість індивідуального експертного оцінювання, їх результати необхідно зіставляти з існуючими поглядами на досліджувану проблему та результатами прогнозованого оцінювання інших спеціалістів.

За результатами експертизи слід провести якісне оцінювання кожного члена експертної групи. При цьому слід виходити не тільки від визнання та популярності окремих спеціалістів, а і від їх відношення до справи: точності, добросовісності, акуратності, творчого підходу, переконаності в своїй правоті, що може бути аргументована.

Необхідно дотримуватися досить важливого правила: жоден із спеціалістів не повинен бути виключений з експертної групи за формальними правилами (наприклад, за показниками узгодженості думок) без зваженого аналізу суті питання. Історія науки та техніки неодноразово

ілюструє факти, що, на перший погляд, парадоксальні ідеї та висновки містять в собі нові фундаментальні відкриття.

Багато експертів є, як правило, крупними спеціалістами тільки в своїй області. Тому їх висновки слід розглядати в більш широкому контексті, наприклад, з перспективами розвитку економіки підприємства (регіону, країни).

Іншими словами, висновки експертів слід пов'язувати із зовнішніми факторами, що визначають майбутнє прогнозованого об'єкта. Не слід забувати, що існує своя "цехова" зацікавленість експертів, свої інтереси, які не завжди збігаються із загальними інтересами. В зв'язку з цим висновки експертів повинні бути детально перевірені, осмислені та творчо використані.

При оцінюванні якості опитувальних анкет, яке доцільно провести після закінчення експертизи, необхідно в першу чергу визначити: по-перше, на скільки перелік питань та їх зміст дозволяє з'ясувати суть досліджуваної проблеми та, по-друге, на скільки коректно, правдиво, однозначно, не суперечливо поставлені власне самі питання, чи не було випадків непорозуміння з деякими питаннями.

Система статистичних характеристик, як результат обробки опитувальних анкет групи експертів, визначається тим, в якому напрямку проведеться експертиза.

Так, для оцінювання часу здійснення події або очікуваної величини параметра в першу чергу визначаються середні величини, структурна середня (мода, медіана) квартилі (верхній та нижній). Крім перелічених, для оцінювання очікуваної величини параметра можна використати залежність

$$T_{оч} = \frac{T_{min} + 2T_{н.і} + T_{max}}{4}, \quad (5.26)$$

де $T_{оч}$ - очікувана величина параметра;

$T_{н.і}$ - найбільш ймовірна величина параметра;

T_{min}, T_{max} - відповідно мінімальна та максимальна величина параметра.

Середні величини дозволяють оцінити орієнтовану дату здійснення події (величина параметра). За допомогою квартилей або коливання середньої можна визначити проміжки, в яких можуть знаходитись прогнозовані проблеми (час здійснення події, параметри).

Якщо в якості досліджуваної величини служить, наприклад, параметр якого-небудь приладу, то наявність інтервалу його значень дозволить, з врахуванням технічних можливостей, створити сімейство приладів з різними величинами прогнозованого параметра.

Сукупність статистичних характеристик, одержаних в результаті обробки даних опитувальних анкет з оцінкою відносної важливості

напрямку (фактора, параметра), дозволяє проводити аналіз в декількох напрямках. Тут на перший план виходить проблема – вибору напрямку дослідження, вибору найбільш важливого фактора, пріоритет певних параметрів пристроїв і т. д. Результати аналізу цього напрямку опитування орієнтовані на вибір оптимальних варіантів перспективних розробок та стратегічних рішень. При проведенні аналізу оцінювання відносної важливості напрямків (факторів, параметрів) не слід орієнтуватися тільки на кількісну сторону досліджуваних проблем, але і звертати увагу на реальні можливості реалізації тих чи інших рішень як з організаційно-технічного боку, так і з економічної доцільності.

Аналіз показників узгодженості думок експертів дозволяє виявити експертів, чия думка відрізняється від думки більшості, згрупувати експертів, думка яких збігається, сформулювати групи з різними точками зору.

Результати такого аналізу, які представлені експертам в анонімному вигляді, тобто без зазначення прізвищ експертів багато в чому сприяє зближенню точки зору експертів в процесі проведення експертизи або, навпаки, залишатися на своїх позиціях, сформулювавши для цього достатньо вагомі аргументи.

В процесі проведення аналізу результатів опитування експертів слід практикувати широке використання графіків, гістограм, часових шкал, діаграм, таблиць та інших статистичних зображень.

Як приклад розглянемо організацію проведення та аналіз результатів експертних оцінок перспектив розвитку відеотермінальної техніки – символічно – графічних дисплеїв та напівтонових дисплеїв (станцій обробки зображень).

Зміст опитувальних анкет орієнтовано на визначення перспектив засобів відображення інформації, оптимальних значень технічних та ергономічних характеристик, ранжування технічних характеристик, областей застосування. Анкети направлені в обчислювальні центри; НДІ, що займаються проблемами обчислювальної техніки; вищі навчальні заклади, включаючи і військові, де є кафедри обчислювальної техніки; підприємства-виробники обчислювальної техніки.

Всього підготовлено та направлено:

- анкет оцінювання технічних та ергономічних параметрів символічно-графічних дисплеїв та напівтонових дисплеїв – 588 шт.;
- анкет оцінювання відносної важливості параметрів та напрямків розвитку зазначених пристроїв – 283 анкети.

В процесі аналізу всі експерти умовно розділені на три групи: представники вузів; підприємства та організації; військово-навчальні заклади та військові частини. Запропонована диференціація експертів орієнтована на те, щоб, з одного боку, оцінити точку зору представників науки – цивільної та військової, а з іншого боку – виробників та

споживачів пристроїв.

Враховуючи тенденцію зниження вартості персональних ЕОМ (ПЕОМ) та вплив цього процесу на перспективи розвитку символно-графічних дисплеїв, експертам було задано питання “Чи поступляться дисплеї місцем ПЕОМ?” 26.2% опитаних відповіли на питання “так”, тобто дисплеї “поступляться” місцем ПЕОМ. Разом з тим, 76.9% експертів вказали на те, що дисплеї будуть розвиватись, тільки на якісно новому рівні. Остання точку зору узгоджується з думкою західних спеціалістів, які в результаті аналізу прийшли до висновку, що в умовах необхідності наявності великих ЕОМ для формування баз даних питання про те, що символно-графічні термінали “вмирають” і їм на зміну придуть ПЕОМ, в значній мірі надумане. Основні виробники стверджують, що продаж терміналів зростає більш інтенсивно, ніж показали дослідження ринку. Особлива увага звертається на високоінтелектуальні термінали. Припускається, що до 2000р дисплейні термінали будуть приблизно на 80% робочих місць, а в управлінні та діловодстві – на 60%.

При створенні нових видів дисплеїв необхідне постійне покращення певних характеристик. Опитування показало, що з перерахованих в анкеті характеристик (ергономічних, економічних, конструкторських, технологічних, екологічних, показників безпеки та надійності) експерти віддали перевагу в порядку пріоритетності в першу чергу показникам надійності, ергономіки, конструкторсько-технологічним характеристикам. Вимоги до надійності пристроїв значно підвищуються. Так, показник “середнє напруження на відмову”, на думку 33% споживачів повинен знаходитись в межах 500-1000 годин, хоча більшість опитаних (52%) вважають, що цей показник повинен бути в межах 2000-5000 годин; вимоги 15% дуже високі та досягають значення від 10 до 50 тис. год.

Дослідження вимог до параметрів зображення одноколіорового дисплея показали, що 22% опитаних вважають оптимальним розмір екрана по діагоналі 35-36см; 32% - розмір екрана по діагоналі 40-42см; 32% опитаних вказали розмір екрана по діагоналі для багатокольорових дисплеїв 40-41см і тільки 14% - 35-36см.

У відношенні кількості символів на екрані, як важливого технічного показника дисплею, дослідження показали, що 57% опитаних вважають оптимальним кількість символів в межах 1920-2000, а 38% - в межах 2000-5000. Приклади наведені тільки за двома параметрами хоча в дослідженні їх кількість значно більша.

На питання про напрямки розвитку дисплейної техніки в частині створення відеотерміналів загального користування або для вирішення конкретних задач біля 70% експертів віддали перевагу першому напрямку, тобто універсальним дисплеям, причому серед “воєнної” частини експертів ця точка зору переважає в порівнянні з “цивільною” частиною експертів: 78.3% проти 47.4%.

Основними областями використання символно-графічних дисплеїв, на думку експертів, які відповіли на питання, є:

- автоматизовані системи управління (технологічними процесами, організаційно-економічними);
- системи автоматизації проектування, включаючи розробку проектно-конструкторської документації;
- автоматизовані навчальні системи, тобто створення дисплейних класів для організації навчального процесу;
- організація, ведення баз даних, інформаційно-пошукові системи та ін.

Бальна та рангова оцінки символно-графічних дисплеїв показали, що експерти проранжували окремі параметри при зменшенні важливості в такій послідовності (приводяться найбільш важливі показники середнього значення балів):

- необхідність наявності псевдографічного режиму;
- наявність функціональних, вільно програмованих користувачем клавіш;
- необхідність віддалення пристрою від ЕОМ;
- колір свічення символів та фону;
- наявність різних форматів екрана;

На питання другої анкети про створення вітчизняних станцій обробки зображення (СОЗ), 95,2% опитаних вважають таку розробку досить - таки актуальною. Найбільш важливими експерти вважають такі характеристики як надійність, функціональні та ергономічні, тобто та ж послідовність в частині важливості узагальнювальних характеристик, що і для символно-графічних дисплеїв.

На питання, в якому напрямку слід розвивати СОЗ – створення універсальних чи спеціалізованих пристроїв - думка експертів розділилась таким чином: 75% вважають, що більш перспективним є створення універсальних СОЗ, 25% - спеціалізованих. Воєнна частина повністю за створення універсальних СОЗ; цивільна частина розділилась у відношенні 2:1 на користь універсальних СОЗ.

На питання про область використання станцій обробки інформації, експерти визначили такі напрямки:

- геофізична розвідка корисних копалин;
- обробка аерокосмічних знімків при геологічних дослідженнях та картографії;
- система автоматизованого проектування та рішення аеродинамічних задач;
- обробка зображень в гідролокації;
- діалогова обробка цифрової інформації про місцевісць;
- моделювання літаючих апаратів та ін.

Проведене також бальне оцінювання важливості окремих параметрів

пристрою. Досвід проведення експертного оцінювання в області відеотермінальної техніки показав, що в першу чергу необхідно узагальнювати структуру та зміст опитувальних анкет та підтримувати постійний прямий контакт з експертами для своєчасного отримання необхідної інформації.

Дані, які одержані в результаті обробки опитувальних анкет, служать розробникам пристроїв інформаційним та рекомендаційним матеріалом в процесі створення відеотермінальної техніки, яка найбільш повно відповідає тенденції розвитку засобів відображення інформації та потребам споживачів.

Глава 6

Стислий огляд деяких методів прогнозування і генерування ідей

6.1 Методи прогнозування

В 1-й главі відмічалось, що спеціалісти нараховують біля 150 методів прогнозування, хоча фактично використовується тільки 10-15.

В 3-5 главах міститься опис методів прогнозування, які найбільше всього застосовуються в економічних дослідженнях.

Нижче подано стислий огляд ряду методів прогнозування, які можуть бути використані для обґрунтування планових рішень. Детальніше з ними можна ознайомитися в спеціальній літературі, зокрема, і в використаній для написання цього посібника.

6.1.1 Прогнозування по обвідних кривих

Екстрополяція тенденцій за одним часовим рядом, яка описана в 3-й главі, базується на інерційності економічних процесів (явищ), тобто на їх властивостях зберігати в прогнозованому періоді тенденції, які склалися в “передісторії”.

Методи екстрополяції за одним часовим рядом забезпечують таким чином досить високу точність прогнозу, якщо розвиток носить еволюційний характер. Однак розвиток ряду процесів, зокрема, науково-технічний прогрес, характеризується чергуванням еволюційних і революційних етапів, при яких проходять корінні зміни технологій, витрат матеріальних ресурсів, продуктивності обладнання і т.д. При наявності таких якісних стрибків зазначені методи можуть дати помилкові результати.

Це пояснюється тим, що екстрополяція тенденцій дає задовільні результати тільки на еволюційних відрізках часу. Щоб пояснити окремі

тенденції, які складаються на всіх етапах розвитку процесу (еволюційного і революційного), використовується метод прогнозування по обвідних кривих. Обвідні криві дозволяють встановити логічну послідовність, взаємозв'язок, підпорядкування тенденцій на окремих етапах в одну спільну тенденцію, яку використовують надалі для складання прогнозу.

Приклад побудови обвідної кривої подано на рис.6.1

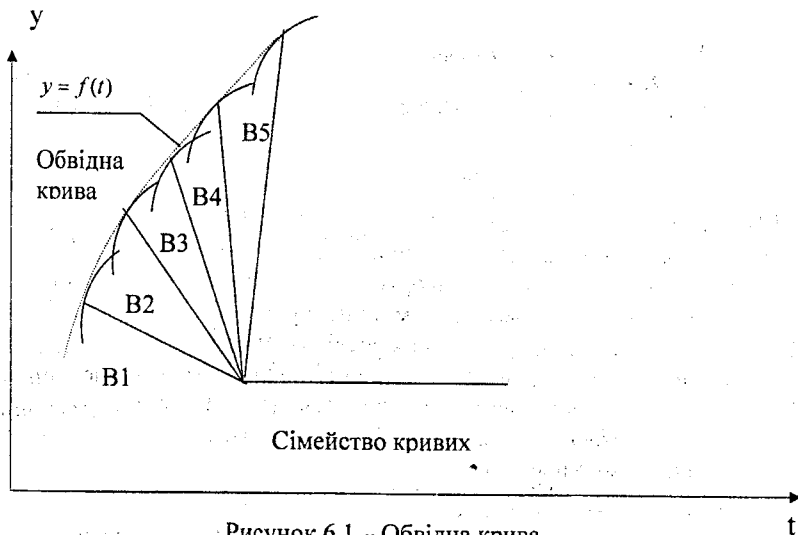


Рисунок 6.1 – Обвідна крива

Криві B_i відображають тенденції змін процесу на окремих етапах його розвитку.

Отже, обвідна крива дотикається до всіх кривих B_i , які утворюють сукупність кривих. Для реалізації обвідної кривої в першу чергу визначається її вигляд, після чого підбирається тип кривої. Розрахунок параметрів кривої (a_0 і a_i) можливо здійснити спрощеним методом. Суть цього методу: за числом параметрів на графіку, побудованому за масштабом, визначається значення y за відомим значенням x . Реалізуючи одержану таким чином систему рівнянь, визначають значення a_0 і a_i .

Приклад. Припустимо, що обвідна крива має вигляд квадратичної функції

$$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2. \quad (6.1)$$

Оскільки рівняння (6.1) має три невідомих параметри (a_0 , a_1 , a_2), для їх обчислення необхідно побудувати систему із трьох рівнянь.

Нехай в відповідності до масштабу, прийнятому на графіку при:

$$\begin{array}{ll} t=1 & y=2; \\ t=3 & y=7; \\ t=7 & y=16. \end{array}$$

Використовуючи взаємозалежність змінних, побудуємо систему з трьох рівнянь:

$$\begin{cases} 1 = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \\ 3 = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \\ 7 = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \end{cases}$$

Підставивши відповідні значення t і розв'язавши систему рівнянь, одержимо значення a_0 , a_1 , a_2 . На основі рівняння 6.1, з розрахованими значеннями параметрів, можна побудувати прогноз, підставляючи послідовно значення t (t приймає значення від $n+1$ до $n+p$, де n - кількість періодів "передісторії", p - величина горизонту прогнозу).

6.1.2 Побудова сценаріїв

Під сценарієм розуміється метод опису передбачуваного або можливого ходу події в тій або іншій області, що стосується діяльності об'єкта. Сценарій може бути побудований на будь-якому ієрархічному рівні управління. Основне призначення сценаріїв - це визначення генеральної лінії розвитку об'єкта прогнозування з урахуванням дії факторів (зовнішніх і внутрішніх), формулювання критеріїв для оцінювання кінцевих цілей.

Сценарій будується, як правило, для складних об'єктів, які формуються з окремих елементів. Тому побудові сценарію передують оцінювання окремих елементів, причому бажано, щоб ці оцінки були кількісно визначеними. Досвід показує, що відсутність прогнозних оцінок, навіть за незначними деталями, може негативно вплинути на ефективність прийнятих рішень. Сценарій, таким чином, акумулює систему прогнозів, яка використовується для оцінювання майбутнього окремих елементів складного об'єкта.

Сценарій являється в певній мірі відносно цілісною оцінкою можливого розвитку прогнозованого об'єкта, оскільки завжди будується в рамках припущень про майбутні умови розвитку, які, як правило, не завжди передбачувані. Сценарій як немовби відповідає на запитання: "Що відбудеться, якщо умови розвитку прогнозованого об'єкта складатимуться так..?"

Сценарійний метод характеризується як метод багатоаспектного прогностичного оцінювання, який впливає з необхідності прогнозування окремих елементів системи, і тому повинен розроблятися

висококваліфікованими спеціалістами широкого профілю з різними поглядами на прогнозовану систему. Сценарій, акумулюючи дані багатьох елементів, на основі яких він будується, зрештою повинен сам підлягати старанному аналізу.

Техніка побудови сценаріїв виникла в семидесятих роках, коли виявилось, що органічно не пов'язані, розрізнені прогнози не в змозі в достатній мірі передбачити і тим самим запобігти несподіваним потрясінням об'єктів, позбавити від все більш зростаючих проблем зовнішнього середовища, які характеризуються, як правило, повною невизначеністю.

Призначення сценарію якраз і полягає в тому, щоб дати оцінки альтернативним варіантам розвитку об'єкта в майбутньому і не доводити його до кризового стану. Кількість альтернатив розвитку визначається особливістю об'єкта прогнозування.

Для складання "ідеального" напрямку розвитку можна надати максимально можливі значення параметрам, які характеризують фактори, що позитивно впливають на розвиток прогнозованої системи, і мінімально можливі значення тим факторам, які негативно впливають на досліджувану систему. Це свого роду верхня межа можливого розвитку системи. Для визначення мінімальної межі діють навпаки: мінімізують позитивні фактори і максимізують негативні фактори. Разом з цим визначаються рівні, які знаходяться між максимальними і мінімальними значеннями.

Враховуючи те, що сценарій використовується при побудові стратегічних планів, наявність декількох варіантів останніх дозволяє розробити гнучку стратегію дій на можливих варіантах ситуації. Прийняття єдиного варіанта майбутнього розвитку може призвести до непередбачуваних результатів через наявність фактора невизначеності. Задача ж сценарію полягає в тому, щоб всіляко зменшити ступінь невизначеності. При розробці сценаріїв використовується широкий спектр методів: імітаційне моделювання, ситуаційний аналіз, методи генерування ідей, експертні методи, аналіз трендів і т.д.

Таким чином, цінність сценаріїв полягає в тому, що вони створюють основу для:

- складання, за допомогою моделювання різних варіантів сценарію на ЕОМ, альтернативних економічних прогнозів;
- аналізу діяльності досліджуваного об'єкта за альтернативними прогнозами;
- перевірки альтернативної стратегії досліджуваного об'єкта;
- імовірного оцінювання факторів зовнішнього середовища, зокрема діяльності конкурентів.

Звідси випливає, що сценарії використовуються не тільки як інформаційна база для складання прогнозів, але і як інструмент контролю

при плануванні стратегії досліджуваного об'єкта.

Розглянемо в дещо спрощеному вигляді сценарій кампанії збору і переробки цукрового буряку. Оптимізація термінів збору і переробки цукрового буряку з метою одержання максимального обсягу кінцевого продукту – цукру надзвичайно складна і досить важлива задача. Ранній початок збирання буряку призводить до значного недобору валового врожаю, а, отже, знижує обсяг виробленого цукру; навпаки, пізнє збирання цукру дозволяє збільшити обсяг заготовленого буряку. Однак, в зв'язку з переносом сезону переробки на більш пізній термін різко збільшуються втрати цукру на всіх стадіях зберігання і переробки сировини.

Слід звернути увагу на те, що за досить короткий термін (приблизно біля 2-х місяців) належить вивезти з полів величезну масу цукрового буряку, причому збирання і вивезення його відбувається в осінній період, коли погодні умови не завжди сприяють цьому. В цукровому виробництві прийнято перед початком пуску підприємств накопичувати на цукрових заводах тридобовий запас буряку і підтримувати його до початку масової збиральної кампанії.

На основі багаторічного досвіду встановлено початок масового збору буряків 16 вересня, а завершення збору цукрового буряку – 25 жовтня. Збирання буряку починається, як правило, в кінці серпня, а переробка – через п'ять днів після початку збирання. В період масової кампанії збір буряку і його транспортування відбувається в обсязі, який відповідає можливостям наявних засобів (збиральні машини, вантажно - розвантажувальні механізми, автотранспорт, робоча сила).

В табл. 6.1 подані основні показники, які характеризують результати як збиральної кампанії, так і переробки буряку 16-ма альтернативними варіантами на цукровому заводі. Наведені в табл. 6.1 результати кінцевих розрахунків є підставою для вибору сценарія (варіанта) організації збору і переробки буряку. Розрахунки по кожному варіанту проведені на підставі прогностичних оцінок значного числа показників, зокрема, обсягу валових закупок буряку; цукристості буряку; необхідної кількості збиральних машин, навантажно-розвантажувальних механізмів, транспортних засобів; добової потужності заводу; втрат цукру на всіх ланках від збору до кінцевої переробки буряку та інші.

Аналіз даних табл. 6.1 свідчить про те, що при зміщенні початку збиральної кампанії і переробки кількість зібраного буряку збільшується (гр.4) так само, як і кількість цукру, яка міститься в ньому (гр.5). Але одночасно з переносом початку переробки буряку зростають сукупні втрати цукру (гр.7). До певного моменту нарощування цукру в зібраному буряку випереджає ріст втрат, але з часом помітна протилежна тенденція. Якщо виходити із максимального обсягу виробленого цукру, то слід вибрати 10-ий варіант: початок збирання буряку 5.09, переробка- 10.09.

Особа, яка приймає рішення, повинна при цьому врахувати ряд додаткових факторів. Так, внаслідок переносу збиральної кампанії і наближення її до 16.09, зростає посівна площа, яку слід зібрати в період масової збиральної кампанії. В такому разі слід оцінити, чи є в достатній кількості технічних засобів і робочої сили, щоб у встановлені строки зібрати і вивезти буряк на цукрові заводи. Другий фактор, мабуть, перший за вагомістю - це погодні умови, які можуть скластися в період збиральної кампанії. Отже, особа, яка приймає рішення, повинна зважити всі фактори - кількісні і якісні при виборі сценарію початку збирання і переробки цукрового буряку.

Таблиця 6.1 - Альтернативні варіанти початку збирання і переробки буряку і система показників, що їх характеризують, на цукровому заводі

Номер варіанта	Початок:		Кількість зібраного буряку, тис.т.	Кількість цукру в зібраному буряку, тис.т.	Кількість переробленого буряку тис.т.	Сукупні втрати цукру, тис.т.	Кількість отриманого цукру, тис.т (гр.5-гр.7)
	збирання буряку	переробки буряку					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	27,08	1,09	238,530	39,074	222,968	11,810	27,264
2	28,08	2,09	238,946	39,182	222,777	11,884	27,298
3	29,08	3,09	239,362	39,290	222,585	11,959	27,331
4	30,08	4,09	239,776	39,398	222,392	12,033	27,365
5	31,08	5,09	240,189	39,505	222,198	12,107	27,398
6	1,09	6,09	240,609	39,614	222,041	12,140	27,474
7	2,09	7,09	240,911	39,695	221,760	12,208	27,487
8	3,09	8,09	241,212	39,776	221,479	12,276	27,500
9	4,09	9,09	241,512	39,857	221,197	12,345	27,512
10	5,09	10,09	241,811	39,938	220,914	12,414	27,524
11	6,09	11,09	242,116	40,020	220,504	13,258	26,762
12	7,09	12,09	242,320	40,077	220,006	13,347	26,730
13	8,09	13,09	242,524	40,134	219,508	13,435	26,698
14	9,09	14,09	242,727	40,190	219,009	13,523	26,667
15	10,09	15,09	242,938	40,246	218,509	13,611	26,635
16	11,09	16,09	243,141	40,302	218,179	13,699	26,603

6.1.3 Таблиця "витрати-випуск"

Цей метод, розроблений американським вченим, лауреатом Нобелівської премії В.Леонтьєвим, складає основу міжгалузевих балансів.

Він направлений на виявлення взаємозв'язку між галузями промисловості і секторами економіки. Суть цього методу.

Економіка країни розбивається приблизно на сто секторів. Модель показує кожний сектор двічі: один раз в рядку як "випуск", один раз в колонії як "витрати". Рядки, іншими словами, показують весь продаж, який здійснює один сектор іншим секторам, включаючи самого себе, тобто

$$x_i = x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{in} + y_i \quad (6.2)$$

$$x_i = x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{in} + y_i,$$

де x_i - обсяг продукції i -ої галузі;

x_{ij} - обсяг продукції, виготовленої в i -ій галузі і використаної в j -ій галузі;

y_i - кінцевий обсяг продукції i -ої галузі, використаний на власні потреби.

Колонки в той же час показують закупку всіх секторів по черзі у даного сектора.

Оскільки класифікація галузей, що поставляють і купують, ідентична на обох осях моделі, таблиця "витрати- выпуск" має тенденцію знаходитись в стані загальної рівноваги.

За сукупністю змінних x_{ij} можна отримати уявлення про напрямки використання продукції окремих галузей і про структуру матеріальних витрат в кожній ланці народного господарства.

Якщо таблиця "витрати - выпуск" відображає показники минулих періодів, то вона має тільки аналітичне значення. Проте в поточний час будуються таблиці відносно майбутнього економіки окремої країни.

Ці таблиці заповнюються не звітними, а прогнозними даними, багатьох галузей промисловості, формуючи тим самим базу, за якою можна скласти прогнози для економіки країни.

Таблиця "витрати- выпуск" може бути побудована і для окремого підприємства, де в якості галузей використовують окремі самостійні підрозділи (цехи, ділянки).

В такому разі вона є базою при вирішенні задач планування в цілому і в ринковій стратегії зокрема.

6.1.4 Економічні індикатори та індекси

Ще на початку XX століття дослідники звернули увагу на можливість використання сукупності економічних показників, які здатні постійно і надійно передбачати економічні кризи. Такі економічні показники одержали назву економічні індикатори (барометри).

Економічні індикатори - це такі статистичні показники, динаміка яких постійно відповідає зміні економічної кон'юнктури.

Види такої відповідності різні. Одні статичні показники можуть випереджати в часі зміну економічної кон'юнктури (наприклад, індекс цін Доу-Джонса на промислові акції, вартість нових замовлень на товари

довгострокового використання, контракти на будівництво житла, контракти на будівництво промислових і торгових об'єктів тощо), інші збігаються (наприклад, рівень безробіття, чистий прибуток корпорацій, індекс ВВП, індекс оптових цін на промислову продукцію тощо), нарешті, деякі запізнюються (наприклад, особисті прибутки, обсяг роздрібних продаж, величина боргу за споживчим кредитом, норми проценту за комерційними позиками, товарно-матеріальні запаси в обробній промисловості).

Методологічною особливістю цього методу дослідження є орієнтація на статистичні і обчислювальні дослідження з метою побудови системи показників, яка б дозволила досить надійно передбачати зміну економічної активності. Цей метод по суті покликаний компенсувати недоробки економічної теорії.

Апогей популярності використання економічних індикаторів в прогнозуванні припадає на початок 60-х років, коли увага ще не переміщувалась в сторону економетричних моделей.

Недостатня надійність виявлених індикаторів стала причиною широких досліджень в цій області з метою їх вдосконалення, які проводились в двох напрямках: збільшення можливостей вибору і побудова допоміжних показників (індексів) на базі початкового набору індикаторів. Останні являють собою систему аналітичних показників, які, на думку дослідників, повинні у сконцентрованому вигляді проявити властивості індикаторів.

Особливо слід звернути увагу на так звані зведені індекси, які визначаються як середньозважені з основних груп індикаторів (випереджувальні; ті, що збігаються, і ті, що запізнюються). Як ваги (співмножника) використовуються оцінки ефективності індикаторів, які визначаються на підставі експертної оцінки за 6-ма характеристиками: 1) економічна значимість; 2) статистична адекватність – довжини наявних динамічних рядів, їх якість та інші; 3) відповідність – здатність індикаторів описувати поворотні точки у відповідності з реальною динамікою минулого періоду; 4) постійність – здатність відображати всі поворотні точки, які мали місце; 5) гладкість – чи є зміни динаміки індикаторів зламом кон'юнктури, чи ці зміни пов'язані з випадковими факторами; 6) оперативність – статистичні дані, які публікуються більш оперативно, одержують більш високі оцінки.

Середньозважена оцінка повинна, на думку дослідників, в значно більшій мірі відображати потенційну ефективність відповідного індикатора і тим самим дати надійні сигнали зміни економічної кон'юнктури.

Проте, складність прогнозування на основі економічних індикаторів та індексів визначається не тільки тим, що вони не завжди адекватно відображають реальні коливання кон'юнктури, але і тим, що вони суттєво

посилюються внаслідок великої кількості “фальшивих сигналів”, тобто таких змін індикаторів та індексів, за якими не настають зміни кон'юнктури.

Поява “фальшивих сигналів” пов'язана з тим, що методологічною основою методу економічних індикаторів є емпіричний підхід, оскільки як при виявленні індикаторів дослідники ідуть не від економічної теорії, а від спостережуваних співвідношень в динаміці циклу і статичних показників, які використовуються в дослідженнях.

Використання економічних індикаторів та індексів пред'являє великі вимоги до дослідника, зокрема, значного досвіду роботи, поглиблених знань закономірностей розвитку економіки в цілому і особливостей її на певному етапі. Тому вважається, що використання методу індикаторів та індексів це не стільки наука, скільки мистецтво.

6.1.5 Метод анкетних обстежень

Сутність прогнозування методом анкетних обстежень (опитування) полягає у визначенні майбутніх змін на ринку товарів на основі вивчення масової поведінки на ньому окремих економічних агентів, які функціонують на цьому ринку.

Загальна ситуація на певному ринку визначається, на думку прихильників використання анкетних обстежень, типовим настроєм покупців і продавців, який в свою чергу залежить від того, яких змін вони очікують у майбутньому. Отже, в основу цього методу покладений психологічний підхід. Сукупність уяви агентів ринку про майбутній стан тих чи інших економічних процесів прийнято називати “застерегаючою інформацією”. Прогнозування методом анкетних обстежень базується на виявленні типових особливостей попередніх уяв про майбутній розвиток та корегування цих уяв з метою доведення їх до рівня прогнозу.

Вся “застерегаюча інформація” поділяється на два основних види – наміри економічних агентів та очікування економічних агентів.

Перший вид повинен дати уяву і одночасно забезпечити інформацію про те, які дії передбачають здійснювати економічні агенти в майбутньому, наприклад, про наміри придбати певні товари або про плани бізнесменів щодо інвестиційної активності; другий вид інформації повинен дати уяву про хід процесів, які ними безпосередньо не контролюються, проте стосуються сфери їх економічної діяльності, наприклад, очікування змін цін на певні товари або норма процентів за кредит у найближчому майбутньому. Аналіз намірів і очікувань використовується для побудови гіпотези масової поведінки економічних суб'єктів на ринку певних товарів в майбутньому. На основі цієї гіпотези визначається кількісне оцінювання основних параметрів майбутнього стану даного ринку, такі як обсяг попиту і пропорції, динаміка цін.

Побудова прогнозів на основі очікування економічних суб'єктів за

своєю суттю близька до методу колективного експертного оцінювання. Відмінність полягає у джерелах інформації: метод експертного оцінювання базується на інформації незалежних зовнішніх експертів; метод анкетних обстежень ринку базується на інформації безпосередніх агентів ринку. Разом з тим, безпосередні учасники процесу виробництва виявляються менше підготовленими до змін на ринку, бо в іншому випадку необхідність в спеціалістах- експертах різко б скоротилась.

Прогнозування методом анкетного обстеження ґрунтується на підміні прямого дослідження ринкової ситуації вивченням особливостей її відображення в суб'єктивних уявах економічних агентів, що обмежує можливості цього методу.

6.2 Методи генерування ідей

При розробці прогнозів доводиться мати справу з великою кількістю альтернативних варіантів, кожен із яких в свою чергу залежить від сукупності факторів. Крім того, в економічних дослідженнях неодноразові випадки, коли розробники прогнозів інколи натикаються на “неподоланну стіну” через недостатні знання у певній галузі.

Для вирішення зазначених та інших проблем, пошуку ідей і рішень на початку сорокових років XX століття почали широко використовувати методи колективної генерації ідей. Методи генерування ідей є різновид методів експертного оцінювання, хоча між ними є певні відмінності. Методи генерування ідей обмежуються, як правило, лише якісними оцінками без кількісного підтвердження. Вони служать частіше всього опорою, трампліном для розв'язування конкретних проблем і орієнтовані в основному на виявлення факторів і напрямків розвитку. Як і методи експертного оцінювання, методи генерування ідей відносяться до сукупності евристичних методів прогнозування.

Генерування ідей - результат розумового процесу, творчих здібностей людини.

Існує декілька методів генерування ідей, кожен із яких сприяє досягненню певних результатів, зокрема:

- метод “мозкової атаки”- автор Алекс Осборн (США);
- метод “морфологічного аналізу”- автор Ф. Цвіккі (Швейцарія);
- метод “синектики”- автор Уільям Дж. Гордон (США).

Ознайомлення з методом пошуку нових ідей і рішень доцільно починати з їх детального огляду.

6.2.1 Метод “мозкової атаки”

Суть цього методу полягає в тому, щоб створити відносно невелику групу спеціалістів високого рівня із 10-15 чоловік, поставити перед ними завдання і одержати від них продуктивні ідеї з проблем, які викликають інтерес у дослідника. Для творчої роботи групи потрібно створити

відповідні умови. Групу бажано розмістити на замиській базі за декілька днів до початку проведення “мозкової атаки”, щоб дати можливість членам групи трохи відпочити і настроїтися на плідну працю.

Під час сесії (наради) потрібно створити невимушену обстановку.

Нарада за методом “мозкової атаки” повинна генерувати значну кількість ідей, причому кожна ідея, якою абсурдною вона спочатку не здавалась, повинна бути ретельно розглянута і оцінена, пам’ятаючи, що навіть явне безглуздя може підштовхнути думку і привести до корисної ідеї. В залежності від відсутності або наявності зворотного зв’язку між організаторами (аналітиками) і учасниками “мозкової атаки” розрізняють два методи – віднесена оцінка (ВО) і деструктивна віднесена оцінка (ДВО).

Метод “мозкової атаки” (віднесена оцінка) регламентується такими правилами:

- забороняється критичне оцінювання висунутих ідей;
- обмежується термін одного виступу;
- допускаються багаторазові виступи одного учасника;
- всі висловлені ідеї обов’язково фіксуються;
- оцінювання висунутих ідей здійснюється на наступних етапах аналітиками.

Заборона обговорення висунутих ідей дозволяє, з одного боку, ознайомитись з різними підходами до вирішення проблеми, з другого боку, обмежує можливість сконцентрувати увагу учасників на більш продуктивних ідеях, які оцінені за певними критеріями.

Щоб усунути зазначені недоліки, розроблений метод “мозкової атаки”- деструктивна віднесена оцінка (ДВО), який дозволяє оперативнo проводити оцінювання значного числа варіантів. Суть цього методу полягає в тому, щоб активізувати учасників “мозкової атаки” на генерування значної кількості ідей з наступним деструктуванням (руйнуванням) раніш висунутих ідей і на їх основі формувати контрідії. Цей метод передбачає декілька етапів.

Перший етап передбачає формування групи учасників “мозкової атаки” за кількістю і складом. Склад групи повинен бути із осіб приблизно одного рангу, якщо учасники знають один одного або із осіб різного рангу, якщо учасники не знайомі між собою.

Другий етап включає постановку задачі перед учасниками “мозкової атаки”, яка оформлена у вигляді проблемної записки. Вона складається групою аналізу і включає опис методу деструктивного відносного оцінювання (ДВО) і опис проблемної ситуації. Опис методу ДВО містить опис принципу, на якому базується метод, опис умов, що забезпечують найбільшу ефективність “мозкової атаки”, авторство результатів атаки, основні правила проведення атаки.

Опис проблемної ситуації містить: опис, аналіз і можливі наслідки проблемної ситуації, що виникли; аналіз світового досвіду розв’язання

аналогічної проблемної ситуації, якщо такі мають місце; систематизацію існуючих шляхів розв'язання проблемної ситуації, формулювання проблемної ситуації з можливою її деталізацією.

Третій етап - генерація ідей. Але перед цим ведучий звертає увагу на правила проведення "мозкової атаки":

- вислови учасників повинні бути чіткими і стислими;
- не допускаються скептичні зауваження і критика попередніх виступів;
- кожен учасник має право виступати багато разів, але не підряд;
- не дозволяється зачитувати підряд список ідей, який може бути підготовлений учасниками заздалегідь.

Ведучий своїми активними діями повинен сприяти висуванню продуктивних ідей, максимально "запалювати" учасників наради на плідну працю розгляду і оцінювання всіх ідей без винятку.

Четвертий етап - це систематизація ідей, які висловлені на етапі генерації. Цю роботу здійснює група аналізу в такій послідовності: складається перелік всіх висловлених ідей; кожна ідея формулюється у загальноприйнятих термінах; виявляються дублюючі і доповнюючі ідеї, які потім об'єднуються і формулюються у вигляді однієї комплексної ідеї; виділяються ознаки, за якими ідеї можуть бути об'єднані. Після об'єднання ідей складається їх перелік за об'єднаними групами.

П'ятий етап - деструктування (руйнування) систематизованих ідей. На цьому етапі кожна ідея піддається всебічній критиці зі сторони учасників "мозкової атаки" на предмет можливості її реалізації. На цьому етапі можуть бути висунуті продуктивні контрідії, які дозволяють зняти перешкоди або обмеження на шляху реалізації ідей.

Всі висловлені критичні зауваження записуються на магнітофон.

Шостий етап - ретельне оцінювання зауважень і складання списку ідей, які можуть бути використані.

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 контрідій. Таким чином, результати генерації ідей методом "мозкової атаки" є певна система ідей, причому найбільшу цінність мають ідеї, які виникають як результат об'єднання двох і більше ідей, так звані комплексні ідеї. Через те що результати "мозкової атаки" є плід всієї групи спеціалістів, ні одна пропозиція не персоніфікується. Це пояснюється тим, що висловлена ідея могла належати і іншому учаснику, який очікував, коли йому дадуть слово. Крім того, окремі ідеї можуть бути підказані ідеями, які були висловлені дещо раніше.

В групу генераторів ідей не запрошують природжених скептиків і

критиканів, навпаки, намагаються залучити людей з фантазією, включають спеціалістів суміжних професій і одного двох чоловік “зі сторони”, які не мають ніякого відношення до поставленої задачі (лікаря, перукаря, поштового працівника).

Слід звернути увагу на те, що у запрошеного “зі сторони” немає минулого досвіду з розв’язання поставленої задачі, і тому він буде пропонувати найнесподіваніші, хоча частіше всього, і цілковито неприйнятні рішення. До речі, багатьма творцями науки і техніки в різних формах висловлювалась думка про те, що неочікувані рішення знаходить нерідко не спеціаліст, а той, хто не знає про те, що певна задача є нерозв’язною. Можна навести багато прикладів про вірність такої думки.

Засідання “генераторів ідей” триває недовго, як правило, 30-50 хвилин. Керує сесією ведучий, від якого багато в чому залежить ефективність роботи групи. Ведучий повинен забезпечувати додержання учасниками правил “мозкової атаки”, не користуючись при цьому наказами і критичними зауваженнями.

Ідеї, які висловлюють учасники “мозкової атаки”, протоколюються і фіксуються за допомогою магнітофона. Список ідей передається потім групі експертів, в задачу яких входить не тільки оцінювання ідей, але і аналіз прихованих можливостей в кожній пропозиції, яка висловлюється.

Під час “мозкової атаки” висувається від 50 до 150 різних ідей, в той час коли при індивідуальній роботі за цей час висувається приблизно 10-20 ідей.

Для прикладу, компанія “Дженерал Електрик” за 30 хвилин сесії одержала 175 ідей з розв’язання задачі оптимального з’єднання двох електроприводів.

6.2.2 Метод морфологічного аналізу

Класифікація, як елемент творчої діяльності, дозволяє швидше і точніше орієнтуватися у різноманітності понять і факторів. Тому не випадково, що морфологічний аналіз, як один з найбільш розповсюджених методів творчого пошуку, базується на класифікації.

Термін “морфологія” вживається в багатьох науках стосовно дослідження форм і структури об’єктів, що вивчаються. 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, причому 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 $3 \times 4 \times 5 \times 5 = 300$.

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 їх вирішення.

Задача експертів полягає в тому, щоб уважно вивчити всі підходи що до вирішення кожної частини проблеми. На першому етапі слід відмовитись від явно неприйнятних шляхів вирішення, а потім методом послідовного виключення досягти такого положення, коли для вирішення 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.

Морфологічний аналіз починається з певного рівня знань про об'єкт, що досліджується. Необхідність перебору всіх можливих альтернатив вирішення проблеми і вибір найбільш оптимального напрямку вимагає від дослідника різнобічні знання з різних галузей. Все це сприяє підвищенню знань про об'єкт, що досліджується, на якісно новий рівень.

Застосування морфологічного методу ставить перед експертами задачу відмовитися від звичних стереотипів мислення і максимально використати свою ерудицію і знання для генерування нових оригінальних ідей, якщо навіть вони на перший погляд і парадоксальні.

При побудові морфологічного ящика мета не повинна зводитися тільки до знаходження окремих рішень. В результаті поглибленого морфологічного аналізу можна прийти до нових ідей щодо можливих рішень, а звідси недалеко до принципово нових напрямків вдосконалення управління конкретними об'єктами або технічних рішень.

Творець методу Ф. Цвіккі довів на конкретному прикладі ефективність свого методу, побудувавши морфологічну матрицю для реактивних двигунів, які працювали на хімічному паливі. Матриця містила 576 можливих варіантів.

6.2.3 Метод “СИНЕКТИКА”

Слово “синектика” в перекладі з грецького означає поєднання різнорідних і цілком невідповідних один одному елементів. Синектика має мету об'єднати різних індивідів і дисциплін для вирішення певної проблеми.

Синектика відрізняється від “мозкової атаки” тим, що вона характеризується високим рівнем синекторів (членів синектичної групи).

Метод “синектика” базується на мисленні групи експертів з орієнтацією на аналогії. Після встановлення і сформулювання проблеми група експертів намагається виявити, яким чином подібні проблеми вирішуються в інших галузях (наприклад, якщо мова йде про певну технічну ідею, то можна спробувати знайти аналогії в ботаніці, зоології, біології, хімії тощо). Потім, використовуючи виявлені аналогії і принципи

вирішення подібних проблем, експерти намагаються розв'язати конкретну задачу, яка стоїть перед ними.

Виходячи із особливості методу, бажано, щоб члени синектичної групи представляли якомога більше сфер діяльності. Синектор – це люди – на з широким кругозором, яка має, як правило, дві спеціальності (наприклад, лікар – механік). Людина, яка займається різноманітною діяльністю, краще підготовлена для участі в синектичній групі, ніж спеціаліст, який все життя займається однією сферою діяльності. Людей оригінального і незалежного розуму і які мають підприємницьку “жилку” прийнято вважати більш підходящими кандидатами у синектичну групу, ніж тих, у кого ця риса характеру не дуже розвинута. Члени синектичної групи повинні 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 у 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.

Створення синектичної групи, яка складається з 5-7 чоловік, потребує достатньо тривалого часу, приблизно рік. Тому на відміну від групи “мозкової атаки”, яка формується на короткостроковій основі, синектична група формується на більш тривалій період. Створені синектичні групи проходять спеціальну підготовку, при цьому більш досвідчені синектори передають свій досвід новачкам.

Головне в методі “синектика” – це використання знань і досвіду кожного члена групи для визначення ідей і можливих шляхів їх реалізації. Спеціалісти-ботаніки намагаються показати, як з аналогічними проблемами справляється світ рослин, зоологи – світ тварин і т.д.

Синектична сесія проводиться спеціально підготовленими групами.

Раніше відзначалося, що метод “синектика” базується на використанні аналогій. Якщо інженери та винахідники використовують аналогії на аматорському рівні, то синекторів навчають професійному володінню процесами аналогування. Тому, якщо “мозкову атаку” можна розглядати як колективну науково-технічну самодіяльність, то роботу групи синекторів слід представляти як виступ професійного пошукового ансамблю.

Синектори працюють за певною програмою, яка удосконалюється з часом, як і програма підготовки самих синекторів.

На першому етапі синектори формують і уточнюють “проблему, як вона подана”. Особливістю цього етапу є те, що, як правило, ніхто із учасників сесії, крім керівника, не ознайомлений з конкретними умовами задачі. Вважається, що передчасне конкретне формулювання задачі утруднює абстрагування, не дає можливості вийти із звичайного ходу

мислення.

На другому етапі формують "проблему, як її розуміють". Розглядають можливість перетворити незнайому і незвичну проблему у ряд більш звичних задач. Кожний учасник повинен знайти і сформулювати одну із цілей поставленої проблеми. Однак, на цьому етапі проблеми діляться на підпроблеми.

На третьому етапі ведеться генерування ідей. Починається "екскурсія" по різних галузях техніки, живої природи, психології тощо для виявлення того, як аналогічні проблеми розв'язуються в задачах, далеких від поставленої проблеми.

На четвертому етапі проводиться критичне оцінювання ідей експертами. Синектичне засідання, яке триває, як правило, декілька годин, складає незначну частину загального часу вирішення поставленої задачі. Решту часу синектори вивчають і обмірковують одержані результати, консультуються з спеціалістами, експериментують, займаються пошуками кращих способів реалізації рішення.

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 інші.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 - Парні моделі

Вид рівняння, $y = f(x)$	Гранична віддача, $y' = \partial y / \partial x$	Коефіцієнт еластичності, $E = \sum \varepsilon_i \hat{y}_i / \sum \hat{y}_i$ $\varepsilon_i = \hat{y}'_i \cdot x_i / \hat{y}_i = a_1 \bar{x} / \bar{y}_i$
1	2	3
$y = a_0 + a_1 x$	a_1	$a_1 x / (a_0 + a_1 x)$
$y = a_0 + a_1 \ln x$	a_1 / x	$a_0 / (a_0 + a_1 \ln x)$
$\ln y = a_0 + a_1 x$	$a_1 y$	$a_1 x$
$\ln y = a_0 + a_1 \ln x$	$a_1 y / x$	a_1
$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$	$a_1 + 2a_2 x$	$(a_1 + 2a_2 x^2) / (a_0 + a_1 x + a_2 x^2)$
$y = a_0 a_1^x a_2^{x^2}$	$a_0 a_1^x a_2^{x^2} (\ln a_1 + 2x \ln a_2)$	$(\ln a_1 + 2x \ln a_2) x$
$y = a_0 x^{a_1} e^{a_2 x}$	$a_0 a_1 x^{a_1-1} e^{a_2 x} + a_0 a_1 x^{a_1} e^{a_2 x}$	$a_1 + a_2 x$
$y = a_0 + a_1^x a_2^{x^2}$	$a_1^x a_2^{x^2} (\ln a_1 + 2x \ln a_2)$	$(a_1^x a_2^{x^2} x (\ln a_1 + 2x \ln a_2) x) / (a_0 + a_1^x a_2^{x^2})$
$y = a_0 a_1^x$	$a_0 a_1^x \ln a_1$	$x \ln a_1$
$y = a_0 x^{a_1}$	$a_0 a_1 x^{a_1-1}$	a_1
$y = a_0 a_1^{a_2 x}$	$a_0 a_2 a_1^{a_2 x} \ln a_1 \ln a_2$	$a_2 x \ln a_1 \ln a_2$
$y = e^{a_0 + a_1 x}$	$a_1 e^{a_0 + a_1 x}$	$a_1 x$
$y = a_0 + a_1 / x$	$-a_1 / x^2$	$-a_1 / (a_0 x + a_1)$
$y = a_0 + a_1 / \ln x$	$-a_1 / x (\ln x)^2$	$-a_1 / (\ln x (a_0 \ln x + a_1))$
$y = a_0 e^{a_1 \cdot x}$	$-(a_0 a_1 / x^2) e^{a_1 \cdot x}$	$-a_0 a_1 / x$
$y = a_0 e^{a_1 / \ln x}$	$-(a_0 a_1 / x (\ln x))^2 e^{a_1 / x}$	$-a_1 / (\ln x)^2$
$y = a_0 / (1 + a_1 e^{a_2 x})$	$-(a_1 a_2 a_3 / (1 + a_1 e^{a_2 x})^2) e^{a_2 x}$	$-(a_1 a_2 x e^{a_2 x}) / (1 + a_1 e^{a_2 x})$
$y = a_0 + a_1 e^{-x}$	$-a_1 e^{-x}$	$-(a_1 x e^{-x}) / (a_0 + a_1 e^{-x})$
$y = a_0 a_1 / x + a_2 x$	$-a_1 / (x^2 + a_2)$	$(a_2 x - a_1) / (a_0 x + a_1 + a_2 x^2)$
$y = a_0 a_1 / x + a_2 x^2$	$-a_1 / x^2 - 2a_2 / x^3$	$-(a_1 x + 2a_2) / (a_0 x^{a_2} + a_1 x + a_2)$
$y = a_0 e^{a_1 x + a_2 x^2}$	$a_0 e^{a_1 x + a_2 x^2} (a_1 + 2a_2 x)$	$a_1 x + 2a_2 x^2$
$y = a_0 + a_1 e^x$	$a_1 e^x$	$a_1 e^x x / (a_0 + a_1 e^x)$
$y = a_0 x + x a_1 \ln x$	$a_0 + a_1 \ln x + a_1$	$(a_0 + a_1 \ln x + a_1) / (a_0 + a_1 \ln x)$

Продовження таблиці А.1

$y = 1/(a_0 + a_1x + a_2x^2)$	$-(a_1 + 2a_2x)/(a_0 + a_1x + a_2x^2)^2$	$-(a_1x + 2a_2x^2)/(a_0 + a_1x + a_2x^2)^3$
$y = 1/(a_0 + a_1a_2^x)$	$-(a_1 + 2a_2x)/(a_0 + a_1x + a_2x^2)^2$	$(a_1xa_2^x \ln a_2)/(a_0 + a_1a_2^x)$
$y = a_0 + a_1 \sin x + a_2 \cos x$	$a_1 \cos x - a_2 \sin x$	$-(a_1 \cos x - a_2 \sin x)x / (a_0 + a_1 \sin x + a_2 \cos x)$
$y = a_0 + a_1 \operatorname{tg} x + a_2 \operatorname{ctg} x$	$a_1 / \cos^2 x - a_2 / \sin^2 x$	$(a_1 / \cos^2 x - a_2 / \sin^2 x) \cdot x / (a_0 + a_1 \operatorname{tg} x + a_2 \operatorname{ctg} x)$
$y = a_0 + a_1 \sin x$	$a_1 \cos x$	$a_1 x \cos x / (a_0 + a_1 \sin x)$
$y = a_0 + a_1 \operatorname{tg} x$	$a_1 / \cos^2 x$	$a_1 x / \cos^2 x (a_0 + a_1 \operatorname{tg} x)$
$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_n x^n$	$a_1 + 2a_2x + 3a_3x^2 + \dots + na_n x^{n-1}$	$x \cdot (a_1 + 2a_2x + 3a_3x^2 + \dots + na_n x^{n-1}) / (a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_n x^n)$

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 - Критичні значення t-критерія Стюдента (t_t)

Число ступенів свободи	Рівень істотності, α (довірча імовірність, P)	
	$\alpha=0,05$ (P=0,95)	$\alpha=0,01$ (P=0,99)
1	12.71	63.66
2	4.30	9.92
3	3.18	5.48
4	2.78	4.60
5	2.57	4.03
6	2.45	3.71
7	2.36	3.50
8	2.31	3.36
9	2.26	3.25
10	2.23	3.17
11	2.20	3.11
12	2.18	3.05
13	2.16	3.01
14	2.14	2.98
15	2.13	2.95
16	2.12	2.92
17	2.11	2.90
18	2.10	2.88
19	2.09	2.86
20	2.09	2.85
21	2.08	2.83
22	2.07	2.82
23	2.07	2.81
24	2.06	2.80
25	2.06	2.79
26	2.06	2.78
27	2.05	2.77
28	2.05	2.76
29	2.05	2.76
30	2.04	2.75
40	2.02	2.70
60	2.00	2.66

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 - Значення F-критерія Фішера (F_T) при ймовірностях 0.95 (верхній рядок) і 0.99 (нижній рядок)

K_2	Число степенів свободи варіації для більшої дисперсії (K_1)									
	1	3	5	7	9	11	14	20	30	50
1	161	216	230	237	241	243	245	248	250	252
	4052	5403	5764	5928	6022	6082	6142	6208	6258	6302
3	10.3	9.28	9.01	8.88	8.81	8.76	8.71	8.66	8.62	8.58
	34.12	29.46	28.24	27.67	27.34	27.13	26.92	26.69	26.50	26.35
5	6.61	5.41	5.05	4.88	4.78	4.70	4.64	4.56	4.50	4.44
	16.26	12.06	10.97	10.45	10.15	9.96	9.77	9.55	9.38	9.24
7	5.59	4.35	3.97	3.79	3.68	3.60	3.52	3.44	3.38	3.32
	12.25	8.45	7.46	7.00	6.71	6.54	6.35	6.15	5.98	5.85
9	5.12	3.86	3.48	3.29	3.18	3.10	3.02	2.93	2.86	2.80
	10.56	6.99	6.06	5.62	5.35	5.18	5.00	4.80	4.64	4.51
11	4.84	3.59	3.20	3.01	2.90	2.82	2.74	2.65	2.57	2.50
	9.05	6.22	5.32	4.88	4.63	4.46	4.29	4.10	3.94	3.80
13	4.67	3.41	3.02	2.84	2.72	2.63	2.55	2.46	2.38	2.32
	9.07	5.74	4.86	4.44	4.19	4.02	3.85	3.67	3.51	3.37
15	4.54	3.29	2.90	2.70	2.59	2.51	2.43	2.33	2.25	2.18
	8.68	5.42	4.56	4.14	3.89	3.73	3.56	3.36	3.20	3.07
17	4.45	3.20	2.81	2.62	2.50	2.41	2.33	2.23	2.15	2.08
	8.40	5.18	4.34	3.93	3.68	3.52	3.35	3.16	3.00	2.89
19	4.38	3.13	2.74	2.55	2.43	2.34	2.26	2.15	2.07	2.00
	8.18	5.01	4.17	3.77	3.52	3.36	3.19	3.00	2.84	2.70
21	4.32	3.07	2.68	2.49	2.37	2.28	2.20	2.09	2.00	1.93
	8.02	4.87	4.04	3.65	3.40	3.24	3.07	2.88	2.72	2.58
23	4.28	3.03	2.64	2.45	2.32	2.24	2.14	2.04	1.96	1.88
	7.88	4.46	3.94	3.54	3.30	3.14	2.97	2.78	2.62	2.48
25	4.24	2.99	2.60	2.41	2.28	2.20	2.11	2.00	1.92	1.84
	7.77	4.68	3.86	3.46	3.21	3.05	2.89	2.70	2.54	2.40
27	4.21	2.96	2.57	2.37	2.25	2.16	2.08	1.97	1.88	1.80
	7.68	4.60	3.79	3.39	3.14	2.98	2.83	2.63	2.45	2.33
29	4.18	2.93	2.54	2.35	2.22	2.14	2.05	1.94	1.85	1.77
	7.60	4.54	3.73	3.33	3.08	2.92	2.77	2.57	2.41	2.27

ДОДАТОК Г

Таблиця Д.1 - Рівень імовірності коефіцієнтів автокореляції

Розмір вибірки, n	Додатні значення		Від'ємні значення	
	5%-ий рівень	1%-ий рівень	5%-ий рівень	1%-ий рівень
5	0.253	0.297	-0.735	-0.798
6	0.345	0.447	-0.708	-0.863
7	0.340	0.510	-0.674	-0.799
8	0.371	0.531	-0.625	-0.764
9	0.366	0.533	-0.593	-0.737
10	0.360	0.525	-0.564	-0.705
11	0.353	0.515	-0.539	-0.679
12	0.348	0.505	-0.516	-0.655
13	0.341	0.495	-0.497	-0.634
14	0.335	0.485	-0.479	-0.615
15	0.328	0.475	-0.462	-0.597
20	0.299	0.432	-0.399	-0.524
25	0.276	0.398	-0.356	-0.473
30	0.257	0.370	-0.324	-0.443
35	0.242	0.347	-0.300	-0.401
40	0.229	0.329	-0.279	-0.376
45	0.218	0.313	-0.262	-0.356
50	0.208	0.301	-0.248	-0.339
55	0.199	0.289	-0.236	-0.324
60	0.191	0.278	-0.225	-0.310
65	0.184	0.268	-0.216	-0.298
70	0.178	0.259	-0.207	-0.287
75	0.174	0.250	-0.201	-0.276
80	0.170	0.246	-0.195	-0.271
85	0.165	0.239	-0.189	-0.263
90	0.161	0.233	-0.184	-0.255
95	0.157	0.227	-0.179	-0.248
100	0.154	0.221	-0.174	-0.242

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 - Критерій фон Неймана-Харта

Розмір вибірки, n	Величина N_T^n при $\gamma > 0$		Величина N_T^0 при $\gamma < 0$	
	$P=0.99$	$P=0.95$	$P=0.95$	$P=0.99$
4	0.8341	1.0406	4.2927	4.4992
5	0.6724	1.0255	3.9745	4.3276
6	0.6738	1.0682	3.7318	4.1262
7	0.7163	1.0919	3.5748	3.9504
8	0.7575	1.1228	3.4486	3.8139
9	0.7974	1.1524	3.3476	3.7025
10	0.8353	1.1803	3.2642	3.6091
11	0.8706	1.2062	3.1938	3.5294
12	0.9033	1.2301	3.1335	3.4603
13	0.9336	1.2521	3.0812	3.3996
14	0.9618	1.2725	3.0352	3.3458
15	0.9880	1.2914	2.9943	3.2977
16	1.0124	1.3090	2.9577	3.2543
17	1.0352	1.3253	2.9247	3.2148
18	1.0566	1.3405	2.8948	3.1787
19	1.0766	1.3547	2.8675	3.1456
20	1.0954	1.3680	2.8425	3.1151
21	1.1131	1.3805	2.8195	3.0869
22	1.1298	1.3923	2.7982	3.0607
23	1.1456	1.4035	2.7784	3.0362
24	1.1606	1.4141	2.7599	3.0133
25	1.1748	1.4241	2.7426	2.9919
26	1.1883	1.4336	2.7264	2.9718
27	1.2012	1.4426	2.7112	2.9528
28	1.2135	1.4512	2.6969	2.9348
29	1.2252	1.4594	2.6834	2.9172
30	1.2363	1.4672	2.6707	2.9016
31	1.2469	1.4746	2.6587	2.8864
32	1.2570	1.4817	2.6473	2.8720
33	1.2607	1.4885	2.6365	2.8583
34	1.2761	1.4951	2.6262	2.8451
35	1.2852	1.5014	2.6163	2.8324
36	1.2940	1.5075	2.6068	2.8202
37	1.3025	1.5135	2.5977	2.8085
38	1.3108	1.5193	2.5889	2.7973
39	1.3188	1.5249	2.5804	2.7865
40	1.3266	1.5304	2.5722	2.7760

Продовження таблиці Д.1

41	1.3342	1.5357	2.5643	2.7658
42	1.3315	1.5408	2.5567	2.7560
43	1.3486	1.5458	2.5494	2.7466
44	1.3554	1.5506	2.5424	2.7376
45	1.3620	1.5552	2.5357	2.7289
46	1.3684	1.5596	2.5293	2.7205
47	1.3745	1.5638	2.5232	2.7125
48	1.3802	1.5678	2.5173	2.7049
49	1.3856	1.5716	2.5117	2.6977
50	1.3907	1.5752	2.5064	2.6908
51	1.3957	1.5787	2.5013	2.6842
52	1.4007	1.5822	2.4963	2.6777
53	1.4957	1.5856	2.4914	2.6712
54	1.4107	1.5890	2.4866	2.6648
55	1.4156	1.5923	2.4819	2.6585
56	1.4203	1.5955	2.4773	2.6524
57	1.4249	1.5987	2.4728	2.6465
58	1.4294	1.6091	2.4684	2.6407
59	1.4339	1.6051	2.4640	2.6350
60	1.4384	1.6082	2.4596	2.6294

ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1 - Розподіл критерія Дарбіна-Уотсона для позитивної автокореляції (для 5%-вого рівня істотності)

Розмір вибірки, n	V=1		V=2		V=3		V=4		V=5	
	d_1	d_2	d_1	d_2	D_1	d_2	d_1	d_2	D_1	d_2
15	1.08	1.36	0.95	1.54	0.82	1.75	0.69	1.97	0.56	2.21
16	1.10	1.37	0.98	1.54	0.86	1.73	0.74	1.93	0.62	2.15
17	1.13	1.38	1.02	1.54	0.90	1.71	0.78	1.90	0.67	2.10
18	1.16	1.39	1.05	1.53	0.93	1.69	0.82	1.87	0.71	2.06
19	1.18	1.40	1.08	1.53	0.97	1.68	0.86	1.85	0.75	2.02
20	1.20	1.41	1.10	1.54	1.00	1.68	0.90	1.83	0.79	1.99
21	1.22	1.42	1.13	1.54	1.03	1.67	0.93	1.81	0.83	1.96
22	1.24	1.43	1.15	1.54	1.05	1.66	0.96	1.80	0.86	1.94
23	1.26	1.44	1.17	1.54	1.08	1.66	0.99	1.79	0.90	1.92
24	1.27	1.45	1.19	1.55	1.10	1.66	1.01	1.78	0.93	1.90
25	1.29	1.45	1.21	1.55	1.12	1.66	1.04	1.77	0.95	1.89
26	1.30	1.46	1.22	1.55	1.14	1.65	1.06	1.76	0.98	1.89
27	1.32	1.47	1.24	1.56	1.16	1.65	1.08	1.76	1.01	1.86
28	1.33	1.48	1.26	1.56	1.18	1.65	1.10	1.75	1.03	1.85
29	1.34	1.48	1.27	1.56	1.20	1.65	1.12	1.74	1.05	1.84
30	1.35	1.49	1.28	1.57	1.21	1.65	1.14	1.74	1.07	1.83
35	1.40	1.52	1.34	1.58	1.28	1.65	1.22	1.73	1.16	1.80
40	1.44	1.54	1.39	1.60	1.34	1.66	1.29	1.72	1.23	1.79
45	1.48	1.57	1.43	1.62	1.38	1.67	1.34	1.72	1.29	1.78
50	1.50	1.59	1.46	1.63	1.42	1.67	1.38	1.72	1.34	1.77
55	1.53	1.60	1.49	1.64	1.45	1.64	1.41	1.72	1.38	1.77
60	1.55	1.62	1.51	1.65	1.48	1.69	1.44	1.73	1.41	1.77
70	1.58	1.64	1.55	1.67	1.52	1.70	1.49	1.74	1.46	1.77
80	1.61	1.66	1.59	1.69	1.56	1.72	1.53	1.74	1.51	1.77
90	1.63	1.68	1.61	1.70	1.59	1.73	1.57	1.75	1.54	1.78
100	1.65	1.69	1.63	1.72	1.61	1.74	1.59	1.76	1.57	1.78

де d_1 , d_2 - відповідно нижня і верхня границя критерія Дарбіна-Уотсона;

V_i - число змінних в моделі.

ДОДАТОК Ж

Таблиця Ж.1 - Критерій Пірсона (χ^2)

n-1	P	
	0.95	0.99
1	3.84	6.63
2	5.99	9.21
3	7.81	11.34
4	9.49	13.28
5	11.07	15.09
6	12.59	16.81
7	14.07	18.47
8	15.51	20.09
9	16.92	21.67
10	18.31	23.21
11	19.67	24.72
12	21.03	26.22
13	22.37	27.69
14	23.68	29.14
15	25.00	30.58
16	26.30	32.00
17	27.59	33.41
18	28.87	34.80
19	30.14	36.19
20	31.41	37.57
21	32.67	38.93
22	33.92	40.29
23	35.17	41.63
24	36.41	42.98
25	37.65	44.31
26	38.88	45.64
27	40.11	46.96
28	41.34	48.28
29	42.56	49.59
30	43.77	50.89

ЛІТЕРАТУРА

1. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико- статистические методы экспертных оценок.- 2-е изд.; перер. и доп.- М.: Статистика, 1980. - 263с.
2. Горелова В. Л., Мельникова Е. Н. Основы прогнозирования систем: Учеб. пособие для инж.- экон. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1986. -287с.
3. Грабовецкий Б.С. Питання прогнозування попиту на кондитерські вироби. // Харчова промисловість – 1973.– №4. – С. 28-31.
4. Грабовецкий Б.С., Дмитриш В. В. Прогнозування основних виробничих фондів. // Харчова промисловість.– 1975.– №1.– С. 21-23.
5. Грабовецкий Б.Е., Спирина Т. А. О выборе вида уравнения. // Вестник статистики.– 1976. – №2.– С. 50-53.
6. Грабовецкий Б.Е. Об оценке адекватности уравнения регрессии. // Вестник статистики.– 1976.– №5, – С. 53-57.
7. Грабовецкий Б. Е. Перспективный анализ и его место в управлении производством. // Бухгалтерский учёт.– 1984.– №7.–С.17-18.
8. Грабовецкий Б.Е., Родинкова Л. К., Ивашкин Н. В. Анализ и прогнозирование структуры продукции в кондитерской промышленности. // Хлебопекарная и кондитерская промышленность.– 1985.– №1.– С.13-15.
9. Грабовецкий Б.Е. Статистические методы краткосрочного прогнозирования урожайности и сахаристости свеклы. // Вестник статистики.– 1988.–№4.–С.58-61.
10. Грабовецкий Б.С. Маркетинг наукомісткої продукції. // Економіка України.– 1992.– №10.–С. 62-65.
11. Денискин В. В. Основы экономического прогнозирования в пищевой промышленности: Учеб. пособие для студентов вузов.– М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -192 с.
12. Калина А. В., Конева М. И., Яценко В. А. Современный экономический анализ и прогнозирование (макро- и микроуровень): Учебно- методическое пособие. – К.: МАУП, 1997. –272 с.
13. Мартино Дж. Технологическое прогнозирование: /Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1977. -591с.
14. Науменко В., Панасюк Б. Впровадження методів прогнозування і планування в умовах ринкової економіки.– К.: Глобус, 1995.—198 с.
15. Основы экономического и социального прогнозирования: Учеб. для вузов /Под ред. В. Н. Мосина, Д. М. Крука.– М.: Высшая школа, 1985. -185с.
16. Рабочая книга по прогнозированию /Под ред. И. В. Бесгужева – Лады.– М.: Мысль, 1982. -430с.

17. Статистическое моделирование и прогнозирование: Учебн. пособие / Под ред. А. Г. Гранберга. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 383с.

18. Тейл Г. Экономические прогнозы и принятие решений. / Пер. с англ. – М.: Статистика, 1971. – 488с.

19. Теория прогнозирования и принятия решений: Учеб. пособие. // Под ред. С.А. Саркисяна. – М.: Высшая школа, 1977. – 351с.

20. Терехов Л. Л., Грабовецкий Б. Е. Исследование факторов роста производства на основе отраслевых производственных функций. // Экономика Советской Украины. – 1978. – № 6. – С. 58-61.

21. Френкель А. А. Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда. – М.: "Экономика", 1972. – 190с.

22. Цыгичко В. Н. Прогнозирование социально - экономических процессов. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 207с.

23. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1975. – 184с.

24. Экспертные оценки в научно - техническом прогнозировании. – К.: Наукова думка, 1974 – 160с.

Навчальне видання

Борис Євсійович Грабовецький

Основи економічного прогнозування

Навчальний посібник

Оригінал - макет підготовлено автором

Редактор О.Д. Скалоцька

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку 28.04.04 р. Гарнітура Times New Roman
Формат 29.7×42¼ • Папір офсетний
Друк різнографічний Ум. друк. арк. 9.06
Тираж 100 прим.
Зам. № . 004 . 01

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ