

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ У СФЕРІ РОЗВИТКУ МЕРЕЖ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Перегудов Д.О., Сєлюков О.В., Крихта В.В., Краснік А.А.

*Військовий інститут Київського національного університету ім.Т.
Шевченка Просп. Академія Глушкова, 2, корп. 8, Київ, 03680, Україна*

В статті розглядаються особливості застосування методів прогнозування у сфері розвитку телекомунікаційних мереж та технологій та зроблена класифікація методів прогнозу.

Вступ та постановка завдання. Прогнозування, що побудоване на наукових засадах, це невід'ємна властивість сьогодення. Особливістю наукового прогнозування є те, що воно спрямовано у майбутнє, а основною його задачею є визначення тенденцій, логіки розвитку процесу, який прогнозується. Це дозволяє зменшити негативний вплив невизначеності майбутніх ситуацій на результати рішень, що приймаються практично у всіх сферах діяльності [1,2].

Ні в кого не виникає сумніву, що планування розвитку телекомунікаційних систем, комплексів та пристроїв залежить від точності прогнозу напрямів розвитку галузі, а також якісного і кількісного складу існуючих комплексів та пристроїв, можливостей економіки, зовнішньоекономічних чинників тощо. Авторами статті проаналізована велика кількість джерел інформації, основним з яких є [1-24], та зроблена спроба системно розглянути особливості застосування методів прогнозування у сфері розвитку телекомунікаційних мереж та технологій та зроблена класифікація методів прогнозу.

Аналіз особливостей застосування методів прогнозування в процесах управління. Неможливо планувати та розробляти будь-що без критичної оцінки можливих майбутніх результатів, особливо для таких сфер, де від невдало прийнятого рішення можливі катастрофічні наслідки. Однією із таких сфер є телекомунікаційна, яка відрізняється від усіх інших наявністю жорсткої системи конкуренції та складності управління. Це організаційно-технологічне рішення повинно охоплювати одночасно всі рівні управління для використання всіма об'єктами та суб'єктами в межах єдиної системи управління, що вирішує одну загальну задачу.

Управління та прогнозування. їх взаємозв'язок та значимість. У загальному випадку управління зводиться до вибору такого рішення на організацію та ведення

певних дій, при якому можуть бути повністю реалізовані їх можливості.

При цьому проблема прийняття рішення виникає в умовах вибору механізму досягнення мети, яка подана, для розгляду серед можливої їх сукупності. Це результати прогнозів стану та розвитку подій в майбутньому. Прийняте рішення, з точки зору інформатики, є директивою (планом) на досягнення мети, що сформульовано як завдання. Послідовність роботи при цьому має відображати послідовно процес прогнозування і як приклад наведений на Рис. 1.

Управління складається з двох основних фаз: організації та самого процесу управління. Усі складові фаз в своїй основі базуються на прогнозах. Прогноз має всеохоплююче значення як для окремих елементів, так і для керуючої системи в цілому. Прогноз може бути системним або частковим, загальним або локальним, або спеціальним, для певних дій або їх окремих етапів. Нехтування прогнозом веде до цілком невизначених наслідків дій через можливі помилки при управлінні.

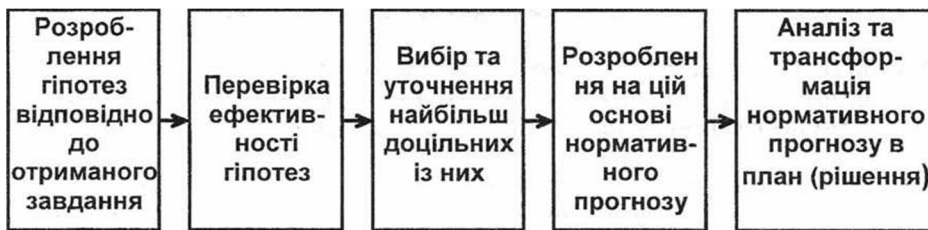


Рис. 1. Послідовний процес прогнозування

При вирішенні задач прогнозування вихідними потоками інформації є:

ретроспективна інформація про попередній стан та можливості системи управління;

інформація про теперішній стан та можливості;

дані про існуючі умови та визначені закономірності їх зміни порівняно з періодом ретроспективи.

Результатом прогнозування є імовірні параметри стану та можливостей системи управління на період випередження.

Сучасні погляди на процеси управління, які є в нормативних та наукових засадах, зводяться до розгляду їх як до статичних складних систем. Але натепер це вкрай нестабільні інерційні **динамічно** невірноважені процеси, які відбуваються в умовах збудженого інформаційного фонового впливу та невизначеного певною мірою середовища. В таких умовах прогнозний фон має значну складність визначення, ступінь його впливу на систему не має певних значень, тому що їх передбачити майже неможливо.

Прогнозування може бути статичним для стану системи в майбутньому на

визначеній межі (дискретно) інтервалу випередження або динамічним, тобто імітувати процес розвитку (модифікації) системи на весь інтервал випередження.

В першому випадку це - розрахункові задачі, які визначають дискретні стани системи на визначені етапи або моменти розвитку системи за визначеними варіантами, а в другому - безперервний процес функціонування системи за варіантами можливих сценаріїв.

Прогнозування при організації управління. На етапі організації управління необхідно визначити фази прогнозування можливого перебігу подій у майбутньому, формулювання мети з урахуванням наявних можливостей (ресурсів), прийняття рішення на основі проведеного прогнозування та планування дій для досягнення визначеної мети. За часом початок етапу директивно визначається терміном отримання якогось завдання, а його завершення - часом ставлення задач підпорядкованим структурам. При цьому визначають такі його складові: з'ясування завдання; розрахунок часу; попереднє інформування підлеглих про отримане завдання; оцінка обстановки; формування замислу виконання задачі; прийняття рішення; організація взаємодії; ставлення завдань підлеглим; організація допомоги підлеглим у підготовці до виконання завдань та здійснення контролю. Алгоритм роботи в такому випадку та послідовність прогнозування на етапі організації управління наведені на Рис. 2. Для процесів прогнозування це означає вочевидь необхідний перехід від цільового прогнозування до нормативного. Головною ознакою нормативного прогнозу є наявність визначеної мети дії, для якої він здійснюється. Рішенням нормативного прогнозування є визначення параметрів, при яких може бути досягнуте значення встановленої мети операції. Таке становлення завдання прогнозування вимагає використання задачі оптимізації.

Інформація, яка надходить до підрозділу оперативного управління є результатом первинної обробки в службах та підрозділах, вже проаналізована та узагальнена до необхідного рівня деталізації, рівень її достовірності має бути вже встановленим. Тому така інформація виступає як відповідні свідчення експертів. Ця інформація може бути оголошена при попередньому орієнтуванні, коли воно проводиться в керівництві, або використовується як початкова для подальшого прогнозування при оцінці обстановки. Але для її використання приймається інформаційне рішення, яке має встановити, як, де і яку інформацію використовувати для подальшого прогнозування.

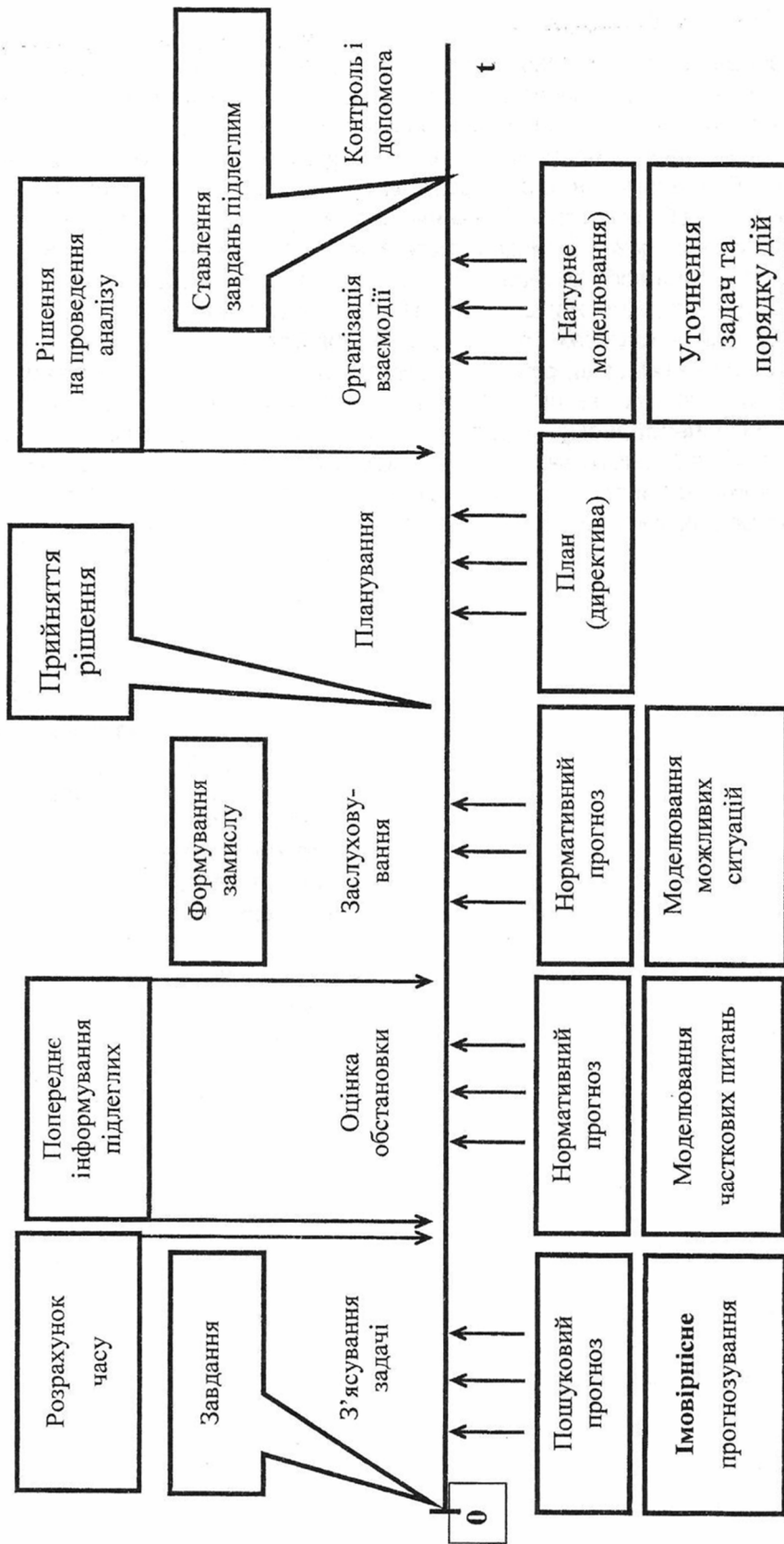


Рис. 2. Алгоритм роботи та послідовність прогнозування

У сучасних органах управління всі служби займаються виконанням цих функцій у межах своєї відповідальності за спеціалізацією, а узагальнення та аналіз прогнозних інформаційних даних від них покладається на оперативні інституції, які мають на основі усієї сукупності добутої інформації сформулювати загальний інформаційний прогноз і прийняти відповідне рішення про стан, можливості та ймовірні напрямки розвитку динаміки обстановки в межах зони відповідальності. Помилки такого прогнозу та рішення можуть бути визначальними для управління в цілому і для досягнення його мети.

Оцінка обстановки та формування замислу мають бути обґрунтованими за допомогою моделей. Будь-яка модель обов'язково є аналогом реального об'єкта або процесу, який найкращим чином відтворює його головні функції чи характерні риси. Метою моделювання є отримання нової інформації, яка за вибраними показниками та критеріями характеризує майбутній стан та поведінку явища чи процесу. В цілому ця нова інформація є результатом перевірки ефективності прийнятих гіпотез, які відображені варіантами моделювання. Оцінка обстановки після прийняття інформаційного рішення є найбільш важливим етапом організації управління мережами та системами, який визначає якість замислу. Вона означає не тільки спробу промодельовувати майбутні дії, але і визначити низку часткових рішень, які мають усунути встановлені невідповідності, відсутність чи недостовірність наявних даних, недоліки організаційного та структурного характеру системи управління, уточнення спеціальних питань і таке інше. Такі часткові рішення ведуть до розроблення часткових прогнозів.

При оцінці обстановки для прогнозування спеціальних питань використовуються не тільки моделі, а й інформаційно-розрахункові задачі для формування часткових прогнозів. При цьому можуть виникати конфліктні ситуації відносно отриманих результатів. Це більше стосується моделювання потреб та моделювання можливостей їх забезпечення. Наприклад, потреби з виявлення та аутентифікації об'єктів та можливостей системи їх виявлення, необхідний рівень забезпечення матеріальними засобами тощо. Як правило, часткові прогнози визначають за декількома варіантами і при заслуховуванні з цієї сукупності на основі всебічної експертної оцінки складаються загальні комплексні варіанти прогнозів.

При формуванні замислу мають бути проаналізовані сутність ситуації, можливі гіпотези її розвитку, умови й обмеження відносно їх реалізації, результати моделювання та рекомендації, сформовані на цій основі, а також й доцільніший варіант майбутніх дій. Замисел за своєю сутністю є результатом комплексного нормативного прогнозування, яке для сформульованої мети встановлює найбільш раціональні шляхи та механізми її досягнення.

Реально якість прийнятого рішення залежить від **якості прогнозування** (моделювання), творчого використання результатів моделювання для формування варіантів рішення, врахування досвіду, положень нормативно-правової бази і готовності окремих ланцюгів і підлеглих до виконання отриманих завдань.

Основні поняття і визначення прогнозування. У теперішній час в науковій літературі наводиться достатньо велика кількість термінів, визначень і понять, що належать до прогнозування [1-10]. Автори зробили спробу їх систематизувати (табл.1).

Поняття “завбачення” і “прогнозування” відрізняються одне від одного ступенем вірогідності оцінки майбутнього, а “передбачення” - більш широке поняття, яке включає обидва попередніх.

Таблиця 1.

Терміни та їх визначення	
Термін	Визначення терміну
Прогностика	наукова дисципліна, яка вивчає загальні принципи прогнозування розвитку об'єктів будь-якої природи, закономірностей розроблення прогнозів. Одна з найважливіших задач прогностики - розроблення спеціальних методологічних проблем прогнозування з метою підвищення обґрунтованості
Прогноз	науково обґрунтоване судження про можливі стани об'єкта у майбутньому і (або) про альтернативні шляхи та терміни їх здійснення.
Прогнозування	процес розроблення прогнозів
Завбачення	достовірне, засноване на логічній послідовності судження щодо стану якого-небудь об'єкта (процесу або явища) у
Передбачення	випереджувальне відображення дійсності, що засноване на визначенні законів розвитку об'єкта (процесу або явища)
Метод прогнозування	спосіб дослідження об'єкта прогнозування, спрямований на розроблення прогнозів.
Методика прогнозування	сукупність спеціальних правил і прийомів (одного або декількох методів) розроблення конкретних прогнозів
Прогнозний фон	сукупність зовнішніх щодо об'єкта прогнозування умов, які є суттєвим для вирішення задачі розроблення прогнозу
Інтервал спостереження	відрізок часу, за який є дані про поведінку об'єкта, який прогнозується, до теперішнього часу.
Інтервал (період) випередження прогнозу	відрізок часу, на який розробляється прогноз (з моменту розроблення прогнозу до моменту часу у майбутньому, для якого розробляється прогноз)

Специфічним є співвідношення понять “прогнозування” і “планування”. Ці поняття близькі, але не збігаються. Вони відрізняються глибиною проникнення у майбутнє і характером або функціональним призначенням інформації на виході. Зрозуміло, що глибина проникнення у майбутнє при прогнозуванні більше глибини планування. Тому планування використовує прогнози, але не навпаки. Разом з тим, ніяке наукове планування неможливо без прогнозування. Крім того, інформація на виході при плануванні носить директивний, обов'язковий характер, тоді як інформація при прогнозуванні має орієнтуєчий характер [4-11].

Методи прогнозування є основою для методик прогнозування. Автори не претендують на авторство для наступних понять та термінів, вони їх запозичують із відомих джерел [1;2, 4-19]: класифікують та систематизують.

Важливими показниками якості прогнозів є *точність*, *вірогідність*, *помилка* прогнозу.

Точність прогнозу характеризується довжиною довірчого інтервалу прогнозу для заданої імовірності його здійснення.

Вірогідність прогнозу характеризується імовірністю його здійснення (довірчою імовірністю) для заданого довірчого інтервалу.

Помилка прогнозу - апостеріорна величина відхилення прогнозу від дійсного стану об'єкта. Помилка прогнозу повністю не визначає якість прогнозу, тому що вона значною мірою залежить від рішень, що приймаються на основі прогнозу.

Розрізняють джерела регулярних та нерегулярних помилок прогнозу. До перших, наприклад, належать: неадекватний метод прогнозування, недостатні вхідні дані. До других - явища і події типу стрибків, які порушують прогнозовані тенденції розвитку об'єкта.

Прогнози класифікуються за різними ознаками залежно від цілей, задач, об'єктів, проблем, характеру, періоду випередження, організації прогнозування тощо. Наприклад, за проблемно-цільовою ознакою, тобто за ознакою того, для чого розробляється прогноз, розрізняють **пошуковий** (дослідницький) і **нормативний** (програмний) прогнози.

Пошуковий (дослідницький) прогноз - прогноз, змістом якого є визначення можливих станів об'єкта прогнозування у майбутньому. Такий прогноз відповідає на питання: що імовірно відбудеться за умовою зберігання існуючих тенденцій. Метою пошукового прогнозу є виявлення тенденцій, нових можливостей і перспектив розвитку об'єктів прогнозування. Пошуковий прогноз розробляється на певній шкалі (полі) можливостей, на якій потім встановлюється ступінь імовірності явища, яке прогнозується.

Нормативний (програмний) прогноз - прогноз, змістом якого є визначення шляхів і термінів досягнення можливих станів об'єкта прогнозування у майбутньому, які беруться як цілі. Такий прогноз відповідає на питання: якими шляхами досягнути бажаного? Під час нормативного прогнозування відбувається такий самий розподіл ймовірностей, але вже у зворотному порядку від заданого стану до тенденцій. Нормативне прогнозування у деякому відношенні схоже на нормативне планування, програмні або проектні розробки. Але останні припускають директивне встановлення заходів щодо реалізації певних норм, тоді як нормативне прогнозування - імовірнісний опис можливих шляхів досягнення цих норм. Нормативне прогнозування не тільки не виключає нормативні розробки в галузі управління, але допомагає розробляти рекомендації щодо підвищення рівня об'єктивності й ефективності рішень.

Під час вирішення конкретних задач в галузі управління виділяють також низку підтипів прогнозів (пошукових та нормативних), серед яких найчастіше використовуються цільовий та плановий прогнози.

Цільовий прогноз - прогноз, змістом якого є визначення бажаних станів. Він відповідає на питання, що саме бажано і чому? У даному випадку відбувається побудова на певній шкалі можливостей оціночної функції щодо розподілу переваги: небажано-менш, бажано-більш, бажано-найбільш, бажано-оптимально.

Плановий прогноз - прогноз, змістом якого є вироблення пошукової та нормативної прогнозної інформації для вибору найбільш доцільних планових нормативів, завдань, директив з виявленням небажаних, підлягаючих усуненню альтернатив. При цьому здійснюється старанне з'ясування прямих та окремих, непрямих наслідків планових рішень, що приймаються. Такий прогноз відповідає на питання: як, в якому напрямі орієнтувати планування, щоб ефективніше досягати цілей, які поставлені?

Прогнози за своїм змістом можуть бути **якісними і кількісними**.

Якісні прогнози можуть бути отримані як шляхом логічних міркувань, так і через кількісні прогнози процесів і явищ, які впливають на процес, що прогнозується.

Кількісний прогноз дає можливу кількісну оцінку майбутнього стану об'єкта прогнозування в мірах, що відповідають його фізичному змісту в абсолютних або відносних значеннях. При кількісному прогнозуванні розрізняють **точкові** та **інтервальні** прогнози.

Під **точковим прогнозом** розуміють прогноз, результат якого являє собою єдине значення характеристики об'єкта прогнозування (оцінку її прогнозу не є достатнім. Воно може розглядатися як деякий центр, біля якого за певним законом будуть групуватися значення змінної, що прогнозується, або деякі майбутні події. Тому додатково до точкового прогнозу розглядається інтервальний прогноз, що характеризує розмір області, яка із заданою імовірністю покриває майбутнє значення характеристики, що прогнозується.

Інтервальний прогноз - це прогноз, результат якого надається у вигляді довірчого інтервалу характеристики об'єкта прогнозування для заданої імовірності здійснення прогнозу; йому відповідає сукупність можливих значень характеристики. Геометрична інтерпретація точкового та інтервального прогнозів наведена на Рис. 3.

Ретроспективне вивчення процесу об'єкта прогнозування здійснюється на інтервалі спостереження. Тут визначається так званий тренд процесу - його детермінована, не випадкова складова. Одночасно може оцінюватися ступінь розкиду відносно тренда. Час розроблення прогнозу звичайно збігається з моментом закінчення спостереження над об'єктом (процесом) з метою визначення його закономірностей. Інтервал випередження (глибина прогнозування) визначається фізичним змістом процесу, що вивчається, та задачею дослідження (у тому числі точність вивчення процесу). Наприкінці цього інтервалу (за часом прогнозування) тренда процесу відповідає точковий прогноз, а з урахуванням розсіювання відносно тренда - інтервальний.

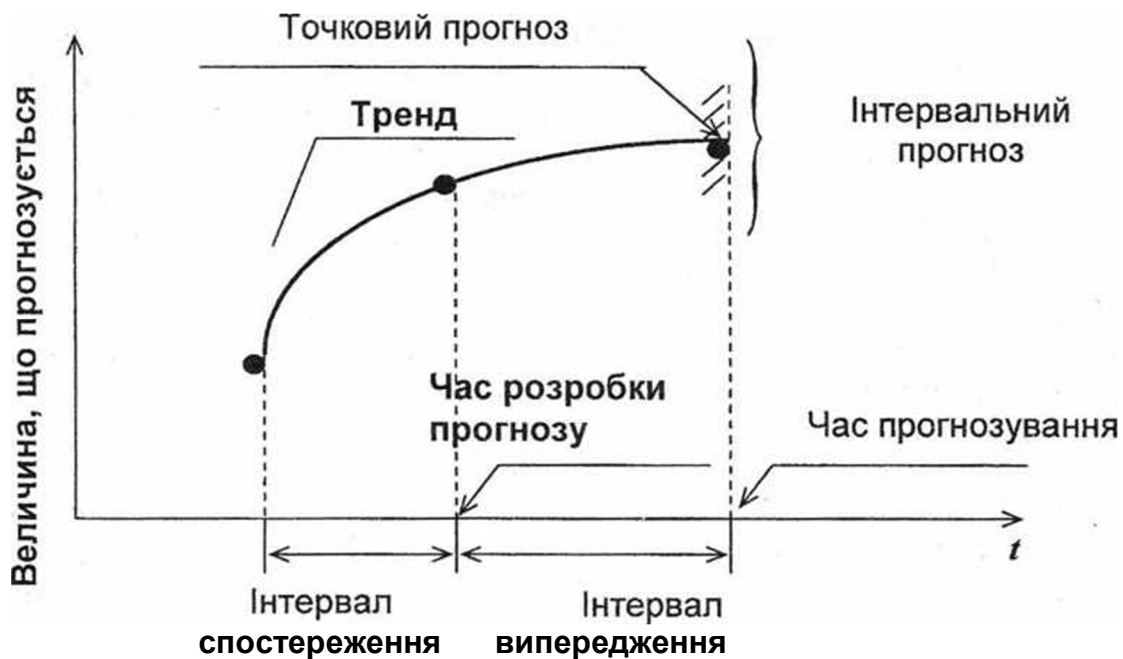


Рис. 3. Інтервальний та точковий прогнози

Залежно від інтервалу випередження прогнози розподіляються на **оперативні** (поточні), **коротко-**, **середньо-**, **довго-** і **далекострокові**.

Оперативний прогноз, як правило, розробляється на перспективу, на протязі якої не очікується суттєвих змін об'єкта прогнозування а (ні кількісних, ні якісних).

Короткостроковий прогноз розрахований на перспективу тільки кількісних змін.

Середньостроковий прогноз має інтервал випередження від одного до п'яти років, охоплює перспективу між короткостроковим та довгостроковим прогнозами з перевагою кількісних змін над якісними.

Довгостроковий прогноз розрахований на перспективу не тільки кількісних, але й переважно якісних змін.

Далекострочковий прогноз розробляється на перспективу, коли очікуються такі значні якісні зміни, що можна говорити тільки про самі загальні перспективи розвитку.;

Оперативні прогнози мають, як правило, детальні кількісні оцінки, короткострокові

- загальні кількісні, середньострокові - кількісно-якісні, довгострокові - якісно-кількісні, довгострокові - загальні якісні оцінки.

У загальному випадку послідовність прогнозування включає такі основні операції:

1. Визначення об'єкта прогнозування за його фізичним змістом, призначенням, зв'язком з іншими об'єктами, призначенням і складом інформації, яка повинна бути отримана при прогнозуванні.

2. Збирання й аналіз інформації, що належить до об'єкта прогнозування. Ця інформація може містити дані про подібні об'єкти у минулому і теперішньому. До необхідної інформації належать також закономірності поведінки подібних об'єктів в аналогічних умовах.

3. Побудова моделі об'єкта, що досліджується, на основі закономірностей, що виявлені. На вибір моделі прогнозування впливають мета і задачі прогнозування, а також інтервал прогнозування.

4. Визначення невидимих параметрів моделі процесу, що прогнозується.

5. Безпосередньо прогнозування, тобто розроблення прогнозу щодо майбутнього стану об'єкта.

Результати прогнозування, що отримані, піддаються логічному аналізу, за результатами якого можуть бути зроблені уточнення до процесу прогнозування.

В основі прогнозування лежать три джерела інформації про майбутнє: оцінка перспектив розвитку, майбутнього стану об'єкта (процесу або явища), що прогнозується на основі досвіду, найчастіше за допомогою аналогії з достатньо добре відомими об'єктами (процесами або явищами);

умовне прогнозування у майбутнє (екстраполяція тенденцій, закономірності розвитку яких у минулому і теперішньому достатньо добре відомі);

модель майбутнього стану того чи іншого об'єкта (процесу або явища), що побудована відповідно до очікування або бажаних змін ряду умов, перспективи розвитку яких достатньо добре відомі.

У відповідності до цього існують три способи розроблення прогнозів:

опитування або анкетування експертів [19];

екстраполяція та інтерполяція;

моделювання.

Наведений розподіл способів прогнозування є умовним, тому що на практиці ці способи взаємопов'язані та доповнюють один одного. Прогнозна оцінка обов'язково включає елементи екстраполяції і моделювання [20-23]. Моделювання передбачає попередню оцінку й екстраполяцію.

Класифікація методів прогнозування. Численні прийоми прогнозування на інформаційній підставі, тобто за способом одержання вихідних даних для прогнозування, засновані або на використанні експертних оцінок, або на моделюванні, або на сполученні цих методів [1-2, 6-13, 16-18] (рис. 4.).

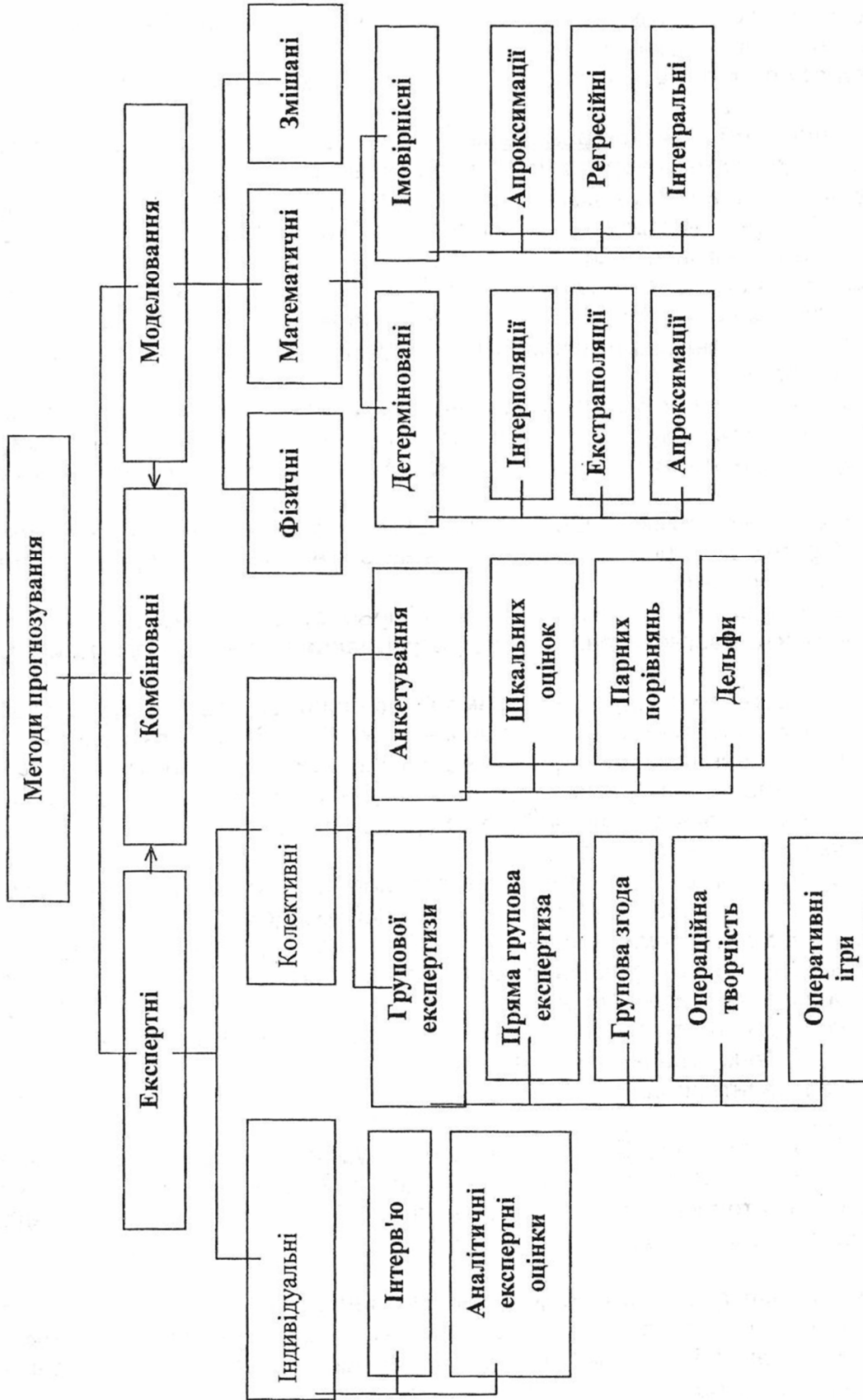


Рис. 4. Класифікація методів прогнозування

Експертні або евристичні методи прогнозування засновані на використанні завбачень і прогнозів спеціалістів у даній області знань. Історично це найбільш старі методи прогнозування, що широко застосовувалися раніше і з успіхом використовуються в дійсний час в науці, техніці і військовій справі. Ці методи використовують узагальнення думки щодо майбутніх подій висококваліфікованих спеціалістів. Оцінки експертів піддаються математичній обробці, щоб одержати їхню узагальнену думку (самі експерти, як правило, не користуються математичними моделями при прогнозуванні). Безсумнівно перевагою експертних методів прогнозування є можливість запобігання грубих помилок, особливо в області стрибкоподібних змін величин і процесів, що прогнозуються. В ряді випадків, однак, ці методи практично важко або неможливо реалізувати.

Методи експертного прогнозування, незважаючи на видимість об'єктивної обробки думок експертів, в основі своєї є суб'єктивними. -

Ефективними методами прогнозування є **методи моделювання** об'єктів (процесів), що досліджуються.

За матеріальною основою розрізняють фізичне, математичне і змішане моделювання (див. рис. 4). Основними етапами цих методів є:

- вибір і обґрунтування моделі процесу (об'єкта), що прогнозується;
- розрахунок (визначення) за допомогою моделі характеристик процесу (об'єкта, явища), що досліджується для заданого моменту часу в майбутньому;
- аналіз результатів прогнозування й оцінка їх точності.

Основним допущенням при прогнозуванні методом моделювання є припущення, що модель процесу, обрана на ділянці спостереження, залишається незмінною й до майбутнього часу, для якого робиться прогноз. Інакше кажучи, передбачається, що процес, який прогнозується, буде розвиватися за тими законами, за якими він розвивався у минулому і відбувається в теперішній час. З цієї точки зору до моделей, що використовуються при прогнозуванні, ставляться такі основні вимоги:

1. Точність подання процесу (об'єкта, явища), що прогнозується. Модель повинна правильно відбивати вплив на процес, що прогнозується, основних, найбільш істотних умов, факторів і величин. Зокрема, модель прогнозування повинна досить повно враховувати час. Це головним чином стосується **моделей захисту інформації**, як найбільш складних і багатофакторних процесів, у яких урахування усіх без винятку величин, умов і факторів практично неможливий.

2. Розумне сполучення необхідної повноти моделі с простотою її використання при обчисленнях. Ці вимоги суперечливі. З одного боку, безмежна деталізація моделі призводить до її неминучого ускладнення, що ускладнює використання моделі. З іншого боку, прагнення до максимального спрощення моделі веде до втрати урахування ряду факторів, що можуть істотно впливати на процес, що прогнозується. Подібне протиріччя повинно бути усунуто розумним компромісом.

3. Розумне моделювання розвитку процесів, що прогнозуються, у часі. Здебільшого **модель повинна забезпечувати більшу швидкість, ніж процес, що досліджується**. Особливо це стосується прогнозування з метою оперативного втручання в хід керованого процесу, з чим постійно доводиться мати справу в практиці прогнозування.

4. Обмеження вартості моделі. Цю вимогу особливо важливо враховувати при фізичному моделюванні процесів, практична реалізація яких зв'язана с великими матеріальними витратами.

Фізичні (натурні) моделі дозволяють здійснити процес прогнозування з використанням реальних фізичних об'єктів. Фізичне моделювання за своєю

природою дозволяє найбільш повно врахувати численні фактори, що впливають на досліджуваний процес. Однак у багатьох випадках фізичне моделювання зв'язане із значними витратами матеріальних засобів, часу, а інколи взагалі неможливе.

Математичні моделі дозволяють ліквідувати деякі із зазначених недоліків, хоча вони і не мають, як правило, повноти фізичних моделей. Передумовою до використання математичних моделей при дослідженнях взагалі і прогнозуванні зокрема є єдність законів природи, що поєднують у деякому відношенні далекі один від одного явища та однаковість форми рівнянь, що їх описують.

Математична модель враховує основні сторони і взаємозв'язки процесів явищ, що розглядається, за допомогою математичних залежностей. Модель повинна будуватися для вирішення конкретної задачі дослідження. Вибір і обґрунтування математичної моделі процесу, який прогнозується, залежить від ступеня вивченості процесів, подібних прогнозованому, ступеня невизначеності його поведінки і загальної його складності. Вирішальне значення у виборі математичної моделі процесу має невизначеність. Для детермінованих процесів з жорсткими не випадковими зв'язками прогнозування (за наявності установлених функціональних залежностей, що визначають процес) перетворюється в банальну розрахункову операцію, яка гарантує точний прогноз. Для випадкових процесів математичне моделювання дозволяє виробляти імовірнісні прогнози.

Використання математичних моделей при прогнозуванні має безсумнівні переваги порівняно з використанням фізичних моделей. Такими перевагами є, насамперед, відносна простота і зручність роботи з математичними моделями. Використання сучасних обчислювальних машин дозволяє значно скоротити час математичного моделювання (порівняно з фізичним) і, крім того, в обмежений час досліджувати велику кількість варіантів при різних вихідних даних і початкових умовах, що для деяких процесів при фізичному моделюванні або взагалі неможливо, або зв'язано з великими витратами часу і матеріальних засобів.

Існують складні об'єкти, процеси і явища, які через множинність, складність й значну випадковість взаємозв'язків складових елементів не можуть бути з необхідною повнотою описані математично. Особливо це стосується прогнозування у **інформаційних протидіях, хакерстві** тощо, де поряд із загальною складністю об'єктів з великою кількістю випадкових факторів необхідно враховувати морально-психологічні якості, рівень кваліфікації, навіть хист операторів (осіб) та інші властивості групової діяльності людей. Одним з методів для прогнозування таких об'єктів (процесів) є спільне використання математичного і фізичного моделювання (математичне моделювання дій і навчання; математичні розрахунки параметрів і характеристик техніки та програмного забезпечення тощо. Крім того, у цих випадках необхідно використовувати комбіновані методи прогнозування (див. рис. 4.), які включають як методи моделювання, так і методи експертних оцінок.

Математичні методи прогнозування залежно від виду моделей об'єктів прогнозування, а також способів обчислення невідомих параметрів моделей і значень прогнозованої величини в майбутній момент часу, часто поділяються на дві великі групи (див. рис. 4): методи моделювання процесів (руху, розвитку) і методи екстраполяції наявної інформації (статистики), іноді іменовані статистичною екстраполяцією.

Метод статистичної екстраполяції полягає у визначенні на підставі досвідчених статистичних даних про об'єкт (процес), що прогнозується, його детермінованої (невипадкової) основи (тренда) і наступного обчислення його значень для заданого майбутнього моменту часу, а також оцінки можливого розкидання відносно середнього значення.

Моделювання процесів розбивається на класи аналітичного і статистичного моделювання, які відрізняються способом обліку випадкових факторів Y_1, Y_2, Y_3, \dots , що впливають на випадковий процес (див. рис. 4.),

Висновки. З розгляду і попереднього порівняння різних методів прогнозування можна зробити наступні висновки щодо їх пріоритету при прогнозуванні у телекомунікаційній сфері:

1. За фактичною основою прогнозування перевага має бути віддана методам моделювання в розумному сполученні з експертними оцінками.

2. З методів моделювання найбільше відповідають зазначеним проблемам методи математичного моделювання в комбінації з фізичним моделюванням окремих елементів процесів, що прогнозуються. *

3. У математичному моделюванні головна увага повинна приділятися аналітичному імовірнісному і статистичному моделюванню.

4. В аналітичному апараті імовірнісного прогнозування особливе місце займають теорія ймовірності, теорія масового обслуговування, теорія ігор, математична статистика, теорія випадкових процесів, методи динаміки середніх, лінійного, нелінійного і динамічного програмування, сіткове планування і деякі інші методи дослідження операцій.

Література

1. Прогнозирование научно-технического прогресса в отраслях промышленности. Часть 2. Методы прогнозирования/ К. А. Кирсанов, Р.И.Песелева, А.А.Гвоздик и др. Под ред. К.А.Кирсанова. - М.: ВНИИПИ, 1991. -160 с.
2. Лукьянчук В.Н., Нестеренко Л.Г. Прогнозирование в стрельбе и управлении огнем: Учебник. - Киев: ВА ВПВО, 1984. - 226 с.
3. Шмиголь В.М., Краснік А.А. Рекурентні співвідношення для уточнення коефіцієнтів адаптивних фільтрів // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - К., 2006.-№5.-С.135-136.
4. Основи моделювання бойовий дій військ: Підручник. _ Київ: НАОУ, 2005. -481.
5. Прогнозирование научно-технического прогресса в отраслях промышленности. Часть 1. Структурно-морфологический анализ отраслей промышленности и информационное прогнозные разработки/ К.А.Кирсанов, А.И.Балаклеийский, А.А.Гвоздик и др. Под ред. К.А.Кирсанова. - М.: ВНИИПИ, 1991.-201 с.
6. Бабич О.А., Семенов Е.Е. Оптимальная фильтрация случайных процессов по измерениям, зависящим от параметров / Техническая библиотека. Известия АН СССР. - 1984. - №4. С. 118 - 126.
7. Гзишиани Д.М., Лисичкин В.А. Прогностика. - М.: Знание, 1968. - 91с.
8. Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование. - М.: Энергоатомиздат, 1902. -298 с.
9. Грабовецкий Б.Є. Економічне прогнозування і планування: навчальний посібник. - К.: Центр навчальної літератури, 2003. - 188 с
10. Дубров Г.М. Прогнозирование науки и техники. - М.: Наука, 1977. - 208 с.
11. Чуев Ю.В., Михайлов Ю.В. Прогнозирование в военном деле. - М.: Воениздат, 1975.-279 с.

12. *Ковальчук П.1.* Моделювання й прогнозування стану навколишнього середовища. Навч. посібник. - К.: Либідь, 2003. - 208 с.
13. *Згуровський М.З.* Системна методологія передбачення. -К.: Політехніка, 2001. – 45 с
14. *Саркисян С.А., Голованов А.В.* Прогнозирование развития больших систем. - М.: Статистика, 1975. – 192 с.
15. *Тейл Г.* Прикладное экономическое прогнозирование. - М.: Прогресс, 1970. - 504 с.
16. *Фальцман В.К.* Прогнозирование потребности в оборудовании. - М.; Экономика, 1970. - 246 с.
17. *Чабровский В.А.* Прогнозирование развития науки и техники. - М.: Экономика, 1983.-162 с.
18. *Эйрес Р.* Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование. Пер. с англ. - М.: Мир, 1971. - 296 с.
19. *Китаев Н.Н.* Групповые экспертные оценки. - М.: Знание, 1975. -64 с.
20. *Дорф Р.* Современные системы управления /Пер. с англ. - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. - 832 с.
21. *Колмогоров А.Н.* Интерполирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей//Изв. АН СССР, 1941. - 5.
22. Застосування інформаційних технологій в роботі органів управління. - Частина 2: Підручник. К.: Вид. НАОУ, 2006. - 368 с.
23. *Растринин Л.А., Пономарев Ю.П.* Экстраполяционные методы проектирования и управления. - М.: Машиностроение, 1986. - 120 с.