

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**


**Навчально - науковий інститут транспорту і будівництва  
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**П'ОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до кваліфікаційної випускної роботи**


освітній ступінь - магістр  
спеціальність - 273 – «Залізничний транспорт»  
спеціалізація «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ВАНТАЖОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ»


Виконав  
Здобувач вищої освіти  
групи ІБЗТ-19зм

  
..... Бурилов К.В.  
(підпис)

Керівник:

  
..... проф. Чернецька-Білецька Н.Б.  
(підпис)

Завідувач кафедри:

  
..... проф. Чернецька-Білецька Н.Б.  
(підпис)

Рецензент:

.....   
(підпис) (ініціали і прізвище)

# **1. СУЧАСНИЙ СТАН ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Прогнозування характеристик транспортних вантажних потоків - одне з центральних питань початкового етапу проектування транспортних систем, створення їх генеральних схем, а також пошуку найбільш ефективної технології роботи. Необхідність удосконалення методів прогнозування вантажопотоків диктується у сучасних умовах істотним ростом впливу фактору невизначеності на ефективність роботи наземних видів транспорту при перевезенні вантажів у міжнародному сполученні.

## **1.1. Аналіз методів прогнозування вантажопотоків у міжнародному сполученні наземними видами транспорту**

Специфіка транспортного процесу як процесу, що має прогнозуватися, полягає в тому, що при здійсненні прогнозування необхідно його розглядати як випадковий процес з дискретним часом, тобто зміна значень транспортного процесу відбувається через випадкові інтервали часу, розподіл ймовірностей яких відповідає певним законам. До таких процесів відноситься рух вантажопотоків.

Значний внесок у розвиток прогнозування транспортних процесів та вантажопотоків зробили вітчизняні та закордонні науковці проф. Воркут А. І., проф. Сіл'янов В. В., проф. Олексєєв О. А., проф. Четверухін Б. М., проф. Правдін Н. В., які дають змогу зрозуміти актуальність проблеми прогнозування стану процесів саме для ринкової економіки, коли численні та швидкі зміни в економіці, політиці, соціальних процесах та й загалом у житті сучасної України вимагають прогнозів саме на тривалий термін.

Оскільки проблема прогнозування вантажопотоків є дуже багатосторонньою, спеціалісти, які присвятили свої роботи цій темі, зупинялися на моментах, які можливо назвати похідними від безпосереднього прогнозування, що базується

ся на основі розподілення вантажопотоків між видами наземного транспорту, в особливості у міжнародному сполученні. Точність прогнозу визначає економічну ефективність функціонування наземних видів транспорту.

У роботах Правдіна Н.В., Гольца Г.А., Горелика М.А. відмічена важливість прогнозування вантажних потоків в удосконаленні методів планування розвитку транспорту [12,13,14]. Прогнозування вантажопотоків є основою для вирішення питань, пов'язаних з будівництвом, удосконаленням та розвитком видів транспорту.

В наукових роботах Янч Е. підтверджує недоцільність відмови від прогнозування [15]. В роботах науковців Хауштейна Г., Четиркіна Є.М. показана важливість системи прогнозування транспортних вантажних потоків в удосконаленні методів планування розвитку транспорту [16,17], де підкреслюється: «Все більше значення у проектуванні та розвитку транспортних систем здобуває прогнозування транспортних потоків... не дивлячись на особливості методів прогнозування... використання будь-якого з них, як правило, зводиться до встановлення обсягів перевезення, які можуть служити основою для організації перевезень та плануванню розвитку ліній та вузлових пунктів».

На сучасному етапі існують два основних підходи до розробки прогнозів - пошуковий та нормативний. Пошуковий (дослідницький) прогноз – визначення тенденцій розвитку, що об'єктивно існують, шляхом аналізу історичних тенденцій [18, 19, 20], заснований на використанні принципу інерційності розвитку, при якому орієнтація прогнозу відбувається від сьогодення до майбутнього.

Нормативний прогноз – визначення шляхів та термінів здійснення можливих станів явища, що приймаються за мету. В такому випадку орієнтація прогнозу у часі відбувається від майбутнього до сьогодення.

За періодом випередження – проміжку часу, на який розраховується прогноз, - розрізняють оперативні (плинні), коротко-, середне-, довго-, далеко строківі прогнози. Оперативний прогноз, як правило, розрахований на перспективу, на протязі якої не очікується істотних змін об'єкту дослідження – а ні кількісних, а ні якісних; короткостроковий – на перспективу лише кількісних змін; дов-

гостроковий – не лише кількісних, але переважно якісних змін. Середньостроковий прогноз охоплює перспективу між коротко- та довгостроковими прогнозами з переважанням кількісних змін над якісними, далекостроковий – на перспективу, коли очікуються такі значні кількісні зміни, що можна казати лише про найзагальніші перспективи розвитку об'єкту, що вивчається. На рис.1.1 наведена класифікація типів прогнозів.

В наш час за оцінками вчених Мосіна В.М. та Ємельянова А.С. нараховується понад 200 різних методів прогнозування [21, 22]. Однак на практиці використовується в якості основних 15-20 методів.

Теорія прогнозування вантажних потоків не може розвиватися без систематизації об'єктів, що вивчаються. По ступеню формалізації усі методи прогнозування діляться на евристичні (інтуїтивні), формалізовані та комбіновані, які в свою чергу мають дві групи – кількісні та якісні.

Евристичні (інтуїтивні) методи прогнозування виникли першими та були основані на використанні думок спеціалістів в даній області знань. Дані методи мають ряд переваг, що використовуються при прогнозуванні вантажопотоків: прогнозування може виконуватися без статистичних даних, не потребує математичного описання закономірностей росту потоків.

Аналіз основних етапів прогнозування на основі досвіду та інтуїції показав наступні недоліки даного метода: відповідь експерта, як правило, обмежена малою кількістю об'єктів, але завжди схильна до переоцінки виявлених ним місцевих закономірностей та факторів, що впливають на розміри транспортного потоку, й приписує їм глобальний характер; число факторів, які експерт враховує у прогнозі, або мале, або взагалі не завжди може ним бути названо; при інтуїтивному підході неможливо встановити надійність прогнозних моделей; відсутні об'єктивні оцінки їх порівняння; існує обмежена можливість передачі досвіду кращих експертів; наявність елементів суб'єктивності; складність формування груп експертів.

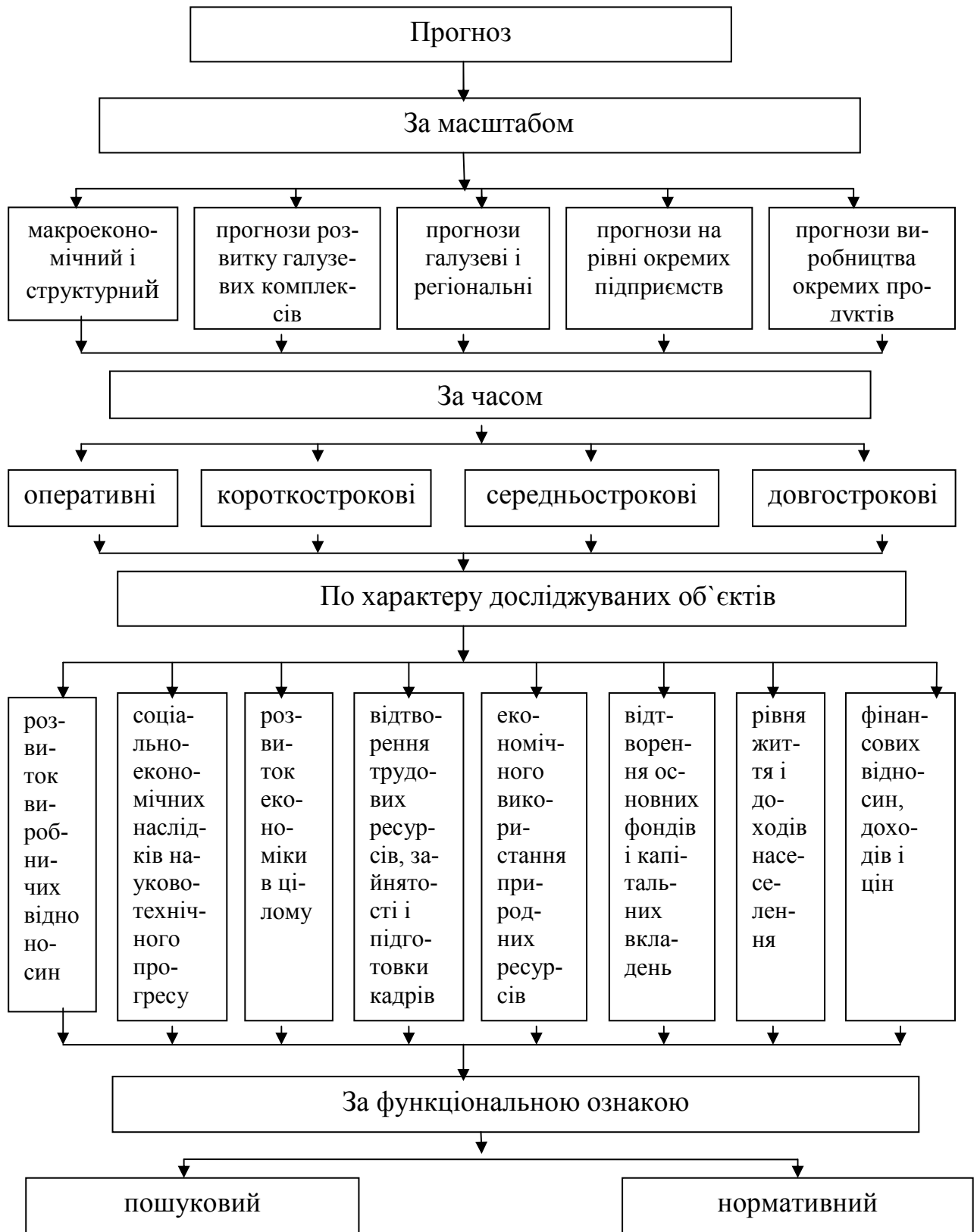


Рис. 1.1 Класифікація типів прогнозу

Формалізовані методи в залежності від виду математичного описання об'єктів та способів визначення невідомих параметрів моделі підрозділяються на методи інтерполяції, екстраполяції, моделювання, балансові, а також ті, що використовують принципи аналогії та самоорганізації (рис.1.2)

У групу формалізованих методів входять дві підгрупи: екстраполяції та моделювання, які в свою чергу можливо поділити на багатofакторні та однофакторні (рис. 1.3).

До кількісних методів, що набули поширеного використання, відносять: метод екстраполяції тренда; метод згладжування за експонентою; методи кореляційно-регресивного аналізу; прогноз на основі індикаторів; нормативний метод; метод стандартного розподілу ймовірностей.

Аналізуючи формалізовані методи прогнозування вантажопотоків, слід відмітити, що адитивна модель ряду динаміки (рис.1.3) характеризується головним чином тим, що характер циклічних та сезонних флуктуацій (коливань) залишається постійним, мультиплікативна модель ряду динаміки характеризується циклічними та сезонними флуктуаціями й залишається постійною тільки по відношенню до тренду [23 - 28].

В роботах [ 23, 26, 29 - 32 ] по аналізу часових рядів описуються процедури роботи лише з двома компонентами – трендом та сезонністю. При аналізі часових рядів можливо виділити дві основні мети: визначення природи ряду; прогнозування.

Метод екстраполяції тренда – це метод прогнозування на основі статистичного аналізу часових рядів, за якого обчислюють значення обсягу перевезень за межами наявних фактичних даних, виходячи з припущення, що виявлена тенденція зберігатиметься й надалі [33 - 42]. Якщо часові ряди мають значну помилку, то першим кроком виділення тренда є згладжування.

Існує декілька методів згладжування - скользяське середнє; медіанне, основна перевага якого у порівнянні із скользяським середнім - результати становляться більш стійкими до викидів, основний недолік медіанного згладжування полягає в тому, що при відсутності явних викидів він призводить до „зубчатих” кривих (ніж скользяським середнім) й не дозволяє використовувати ваги; найменших квадратів та від’ємного експоненціального зваженого – використовуються, коли помилка вимірювання дуже велика; згладжування за експонентою базується на середньозваженому значенні за певну кількість попередніх періодів [23, 29].

Періодична та сезонна залежність (сезонність) являє собою другий тип компонент часового ряду - метод аналізу сезонності [26]. Її можливо виміряти за допомогою автокореляції, корелограмми (авто корелограмма (АКФ), яка показує чисельно та графічно автокореляційну функцію), окремої автокореляційної функції (ОАКФ), яка має дві переваги у порівнянні з АКФ - визначення схованих періодичних складових ряду та виділення сезонних складових робить ряд стаціонарним, що необхідно для використання інших методів, наприклад, спектрального аналізу) [27, 29, 31, 32].

Прогнозування попиту можливе також, якщо знайдено статистичну модель, яка характеризує залежність між обсягом перевезень та незалежними змінними, що впливають на його величину, в даному випадку можливе використання двох методів – кореляційний (визначає щільність зв'язку) і регресивний (визначає форми та вплив одних факторів на інші) аналізу. За умови побудови прогнозних моделей може бути використаний парний (використання рівняння прямої лінії – враховується одна змінна) і багатофакторний (визначає взаємозв'язок між попитом і кількома факторами) регресійний аналіз.

При оцінці параметрів та прогнозування, коли математична модель процесу відома, використовують метод авторегресійного проінтегрованого скользячого середнього (АРПСС), що розроблена Д. Боксом та Г. Дженкінсом [21, 23, 25, 27, 30, 31]. Загальна модель, запропонована Боксом та Дженкінсом, включає, як параметри авторегресії, так і параметри скользячого середнього [23, 27, 29, 31, 32, 43].

Метод спектрального аналізу стаціонарних часових рядів – мета якого розкласти комплексні часові ряди з циклічними компонентами на декілька основних синусоїдальних функцій з визначеною довжиною хвиль. У порівнянні з іншими методами даний метод „розпізнає” сезонні коливання різної довжини [32, 31].

Перевагою формалізованих методів прогнозування вантажопотоків, що базуються на аналізі часових рядів, є можливість визначення зміни обсягів вантажопотоків у часі, визначення наявності циклічних та сезонних флуктуацій та

можливості їх згладжування у разі потреби, а також виявлення істотних похибок у прогнозуванні та їх усунення.



Рис. 1.2 Класифікаційна схема методів прогнозування за ступенем формалізації

При наявності таких переваг основним недоліком залишається неспроможність вищенаведених методів оцінити рух вантажопотоків по таким параметрам як: товарна структура вантажопотоків; напрямок їх розподілення; визначення більш пріоритетного виду транспорту для даного вантажопотоку.





Рис. 1.3 Класифікаційна схема формалізованих методів прогнозування

Проблеми системного аналізу та прогнозування ефективності транспортного виробництва розглянуті в роботі [34]. Сформульована та обґрунтована сис-

тема економіко-математичних моделей для прогнозування показників економічності виробництва трудових ресурсів, основних фондів, надійності локомотивів в експлуатації.

Прогнозування вантажопотоків, використовуючи методи економічного та соціального прогнозування, дозволяє на основі аналізу ретроспективних даних, екзогенних (зовнішніх) та ендогенних (внутрішніх) зв'язків об'єкту прогнозування, а також їх виміру у рамках явища, яке розглядається або процесу вивести судження визначеної достовірності відносно його (об'єкту) майбутнього розвитку [21, 22, 44]. Класифікація видів моделей економічного прогнозування в залежності від критерію оптимізації найкращого чи очікуваного результату наведені на рис.1.4.

Важливе місце при економічному прогнозуванні займають статистичні методи - сукупність методів обробки кількісної інформації про об'єкт прогнозування, об'єднаної за принципом виявлення математичних закономірностей змін, що містяться в ній, характеристик даного об'єкта з метою одержання прогнозних моделей. Вибір методу прогнозування залежить від багатьох факторів. Система, що прогнозується, перш за все повинна забезпечувати потрапляння майбутнього значення вантажопотоків в деяку область, що визначена прогнозом.

Помар Е. запропонував характеристику методів прогнозування міжрегіональних транспортних потоків на основі „гравітаційної моделі”, де обсяг виробництва та споживання зворотнопропорційна величина відстані доставки. Недоліком моделі є пропорційність величини потоку товарів обсягам їх відправлення та споживання, при збільшенні їх вдвічі величина потоку збільшується в чотири рази, що не є адекватним [43].

При розробці математичної галузевої моделі Кильдешев Г.С. запропонував застосовувати два підходи: по натурально-речовинному складу та на основі використання грошового вимірювача, що дозволяють значно приблизити теоретичні розробки макроекономічного характеру до практики аналізу, планування, прогнозування [35]. Використання натурально-речовинного групування при побудові балансу має негативні наслідки використання на практиці мікроаналізу

натуральних вимірювачів. Так, Івахненко А.Г. вважає, що вартісні категорії є важелями зворотного зв'язку й тим самим відводять їм роль обслуговування відтворення суспільно необхідних споживчих вартостей [36]. Савченко Л.В. досконало розглянув динамічні моделі міжгалузевого балансу, які відповідають моделям аналізу

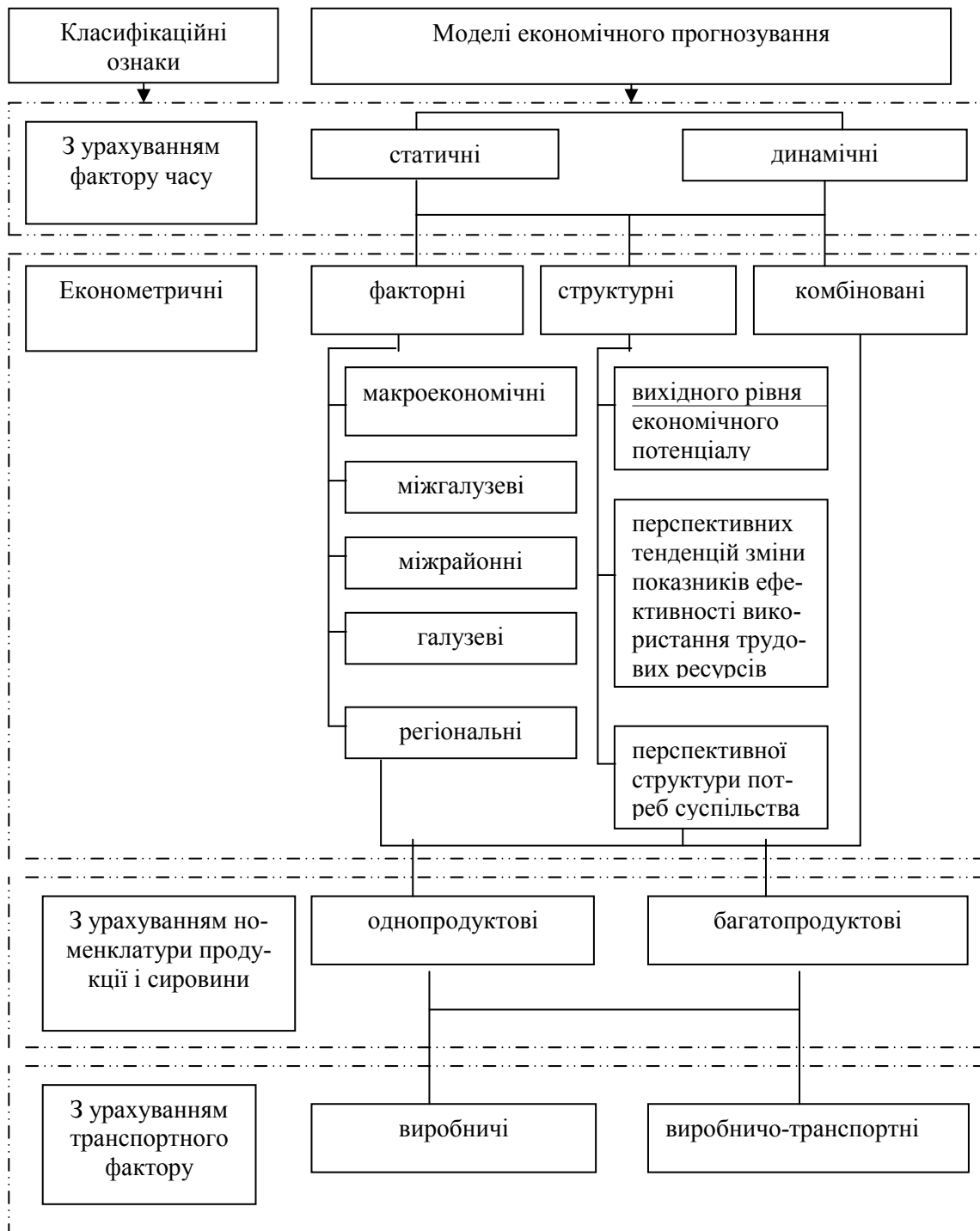


Рис. 1.4 Класифікація видів моделей економічного прогнозування

по методу міжгалузевого балансу [37]. Схема моделі плану та прогнозу в основному не використовують міжгалузеву таблицю. Виключення складає тільки підхід, прийнятий деякими японськими економістами, коли міжгалузева модель залишається основною моделлю плану та прогнозу.

В [38,45] відмічалось, що балансовий метод для багатоденного прогнозування показників грає позитивну роль, так як на його основі можливо створити машинну програму, яка допомагає у організації регулярних виробничих розрахунків та аналізу результатів прогнозування.

Так як використання статистичних методів не завжди дозволяє правильно відобразити структурні зміни, що мають місце у народному господарстві у відповідності з націленими та планами, що реалізуються, то теорія комплексного прогнозування, що синтезує формальні та неформальні методи, повинна набувати подальшого розвитку та застосування.

В значній мірі проведення регіонального аналізу ускладнено наступними обставинами: існування проблеми обліку обсягу та структури ввезеної та вивезеної продукції, у зв'язку з децентралізованою системою зовньоторгівельних операцій; непристосованістю статистичних департаментів до рішення регіональних макроекономічних проблем; недостатністю розроблення методів проведення аналізу руху вантажопотоків на макрорівні та їх прогнозування, в особливості при розподіленні по видам транспорту.

## **1.2 Аналіз практичних підходів до прогнозування вантажопотоків у міжнародному сполученні наземними видами транспорту**

Аналіз усіх відомих методів прогнозування показав, що жоден з них у „чистому” вигляді не є придатним для визначення більш-менш вірогідних обсягів торгівлі на віддалену перспективу. Тільки застосовуючи на різних етапах математичне моделювання, гнучкі функції, нормативний метод, експертні оцінки з

використанням методу історичних аналогій з метою об'єднання переваг цих методів й, по можливості, виключення їх недоліків та забезпечити задовільний прогноз цих складних показників [39,40,41].

Історія прогнозування транспортних потоків формалізованими методами бере початок з використання їх у пасажирських перевезеннях. У своїй роботі Борх К. запропонував математичну залежність між величиною транспортного потоку та відстанню. Недолік даного закону заключається в принциповій неадекватності таких розподілень у початковій частині значення дальності [42].

Нещодавно методологія розвитку регіону базувалася на використанні тільки звітних даних про обсяги вантажопотоків в основі планових показників. Такий підхід не сприяв виробці правильних рекомендацій, оперативному прийняттю рішень, обґрунтуванню перспектив планування та прогнозування. Використання економіко-математичних моделей передбачає чітке однозначне визначення та відокремлення показників «кількісних» від «якісних» [34].

В практиці прогнозування використовують основні два методи експертних оцінок параметрів вантажних потоків (індивідуальний [44] та колективний).

В теперішній час нараховується множина методів та прийомів прогнозування, тому перш за все виникає необхідність у визначенні можливості їх практичного використання. Для прогнозування параметрів транспортних процесів, які монотонно змінюються, слід використовувати методи прогнозування, основані на точному способі визначення трендів [17, 28, 33, 45 - 50]. На практиці прогнозування розвитку транспортних систем у часі широке застосування знайшли моделі регресії (як парної так і множинної). Вони базуються на встановленні характеру та тенденції змін у часі вектору величин, що характеризують стан транспортної системи. Але в загальному випадку ці моделі є придатними для цілей прогнозування розвитку транспортних систем лише при умові збереження умов їх функціонування та тенденції змін на термін прогнозування. Суттєвим недоліком моделей регресії як моделей прогнозування є те, що вони не пов'язують точність прогнозу з його тривалістю [39]. Регресійні методи більш підходять для короткого, середнього та тривалого періоду. Емпіричні дослі-

дження показують, що часто просте експоненційне згладжування дає досить точний прогноз [19, 27, 28]. В доповнення до простого експоненційного згладжування, були запропоновані більш складні моделі, що включають сезонну компоненту та тренд. Загальна ідея таких моделей складається в тому, що прогнози визначаються не тільки по попереднім спостереженням, але й з деякими затримками, що дозволяє незалежно оцінити тренд та сезонну складову. Таким чином, у порівнянні з простим експоненційним згладжуванням прогноз поліпшується за допомогою сезонної компоненти. Середні, скользячі середні, класичне розкладення та оцінка тренда представляють собою кількісні методи, які використовуються для коротких часових відрізків.

Важливі результати в розробці прогнозів транспортних потоків можливо отримати, використовуючи кореляційні функції та авторегресійні моделі. Перевагою даного методу є можливість визначення скритих періодичностей в транспортних потоках, які неможливо визначити традиційними методами. Аналізуючи графіки кореляційних функцій - ступінь зв'язку між прогнозними значеннями підвищується при переході до сумарного потоку й, навпаки, знижується при його диференціації по окремим родам вантажів, що є істотним недоліком при прогнозуванні окремих вантажопотоків за напрямками та видом сполучення [51, 52].

Досвід використання адаптивного методу прогнозування при розробці генеральних схем [51] показав його ефективність за рахунок підвищення точності довгострокових прогнозів обсягів перевезення. Складність прогнозування вантажних потоків складає наявність „стрибків”, які виникають в результаті динамічних зв'язків, якими розвиваюча транспортна підсистема впливає на роботу інших підсистем економічної системи. Однією з найбільш характерних причин виявлення „стрибка” є перерозподіл перевезень між взаємодіючими видами вантажного транспорту. В цьому випадку передача частини перевезень з одного виду транспорту на інший викликає стрибкоподібну зміну потрібної пропускної можливості окремих елементів та вузлів транспортної мережі [51]. Недоліком адаптивного методу є виключення можливості усунення „стрибка” при перероз-

поділі вантажопотоків між видами транспорту за допомогою використання на етапі планування сфер раціонального використання видів транспорту.

В роботах [53, 54], користуючись сумарними результатами річного обліку, надана методика визначення коефіцієнтів обхвату вантажооберту по районах й на цій основі - повної картини вантажообмінних міжрайонних зв'язків. Перевагою даного методу є простота у використанні (визначення коефіцієнтів обхвату вантажооберту). Недолік – складність та трудомісткість проведення статистичного спостереження за напрямками вантажопотоків та їх структурою на протязі року, в умовах повної невизначеності тривалості окремих елементів транспортних процесів.

Окрема група методів прогнозування вантажних транспортних потоків пов'язані з балансовим методом. В роботах [55 - 60] на основі районування перевезень й раціонального закріплення районів та пунктів ввозу продукції до районів та пунктів її вивозу встановленні для різних видів транспорту напрямки вантажопотоків. За допомогою матеріальних балансів (графо-аналітичний спосіб) районів можливо встановити розміри вивозу та ввозу продукції по районам. Завдяки простоті використання, даний метод дає можливість за короткий проміжок часу прикріпити пункти ввозу до пунктів вивозу й визначити напрямок вантажопотоку. Недоліком балансового методу є залежність від досвіду робітника та його зорового сприйняття, а також наявності достовірної статистичної інформації.

В роботі [61] відмічається, що практичне використання міжгалузевих моделей у прогнозуванні потребує дуже трудомістких розрахунків й неможливе без використання інформації галузевих організацій та закладів й, відповідно, без участі цих організацій у міжгалузевих розрахунках – розробки ними визначеної моделі розвитку галузі та наповнення її галузевою інформацією. Також підкреслюється, що в даних ринкових умовах виникає необхідність в удосконаленні існуючих міжгалузевих моделей на основі різних підходів та методів.

## 2.4 Алгоритм рішення задачі вибору замовником виду наземного транспорту у міжнародному сполученні при перевезенні вантажів

На основі аналізу методів доставки вантажу в міжнародному сполученні при використанні різних видів транспорту складений алгоритм вибору оптимального варіанту доставки вантажу в міжнародному сполученні рис. 2.2. Вибір можливих варіантів доставки вантажу здійснюється на основі критерію, що оцінює складові витрат замовника. В залежності від варіанту доставки визначається кількість видів транспорту, здійснюючих перевезення, і розглядається вибраний варіант при використанні автомобільного, залізничного або автомобільного і залізничного видів транспорту з урахуванням параметрів прикордонних переходів. Варіант доставки вантажу за участю залізничного транспорту враховує витрати, пов'язані з підвозом і вивозом вантажу. На основі отриманих результатів визначаються фінансові втрати, пов'язані зі страхуванням вантажу і заморожуванням капіталу. За загальними витратами замовника при різних варіантах доставки вантажу у міжнародному сполученні вибирається найбільш оптимальний варіант, мінімізуючий цільову функцію (2.3).

Алгоритм вибору оптимального варіанту доставки вантажу у міжнародному сполученні складається з наступних етапів.

В роботі розглядаються усі можливі схеми доставки вантажів у міжнародному сполученні наземними видами транспорту: прямий автомобільний, прямий залізничний з підвозом та вивозом автомобільним транспортом, комінований автомобільно-залізничний (контрейлерний). Транспортно-технологічні схеми враховують всі можливі витрати часу на доставку вантажів у міжнародному сполученні.





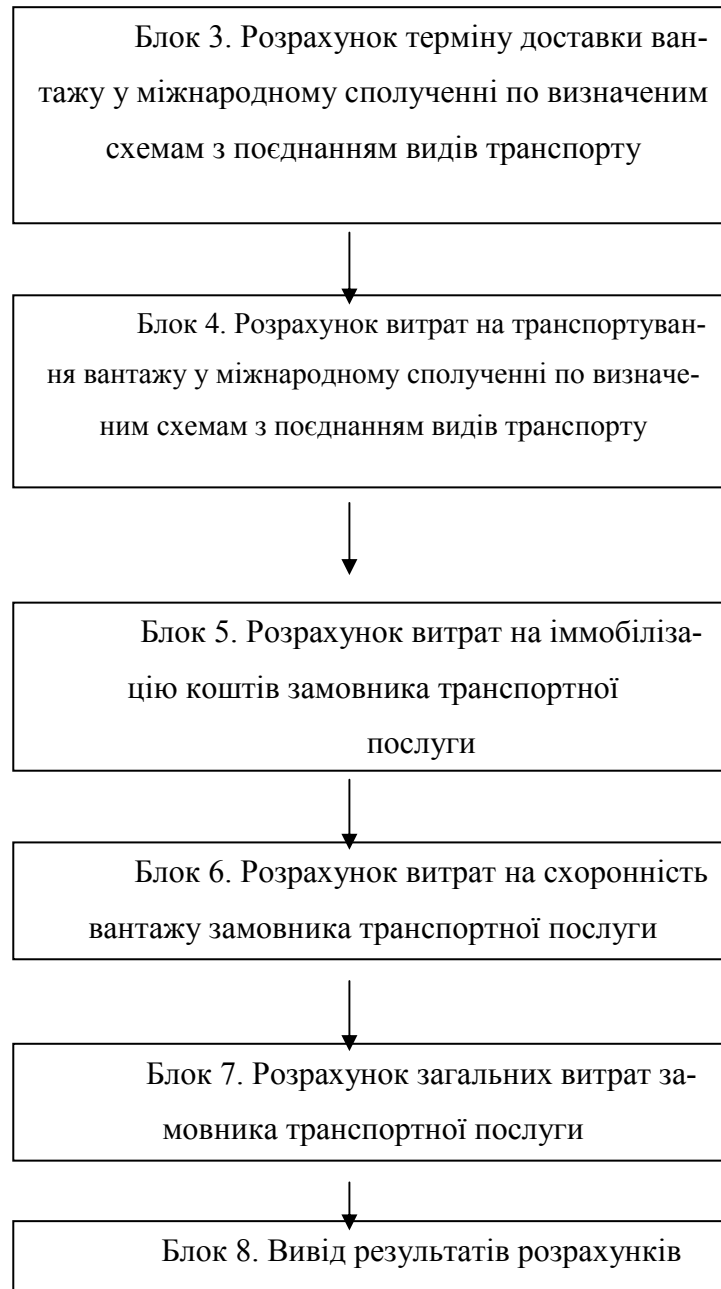


Рис. 2.2 Узагальнений алгоритм вибору оптимального варіанту доставки вантажу у міжнародному сполученні

Блок 2. Генерування множини схем доставки. В цьому блоці по вхідним даним перевіряється можливість створення по наявних транспортних мережах схеми доставки та визначення множини можливих схем доставок наземними видами транспорту у міжнародному сполученні. Визначаються базові умови

поставки вантажу у даному напрямку, враховуючи швидкісні параметри, можливість використання платних магістралей, тунелів тощо.

Блок 3. Розрахунок терміну доставки вантажу у міжнародному сполученні по визначених схемах з поєднанням видів транспорту.

Термін виконання умов контракту по доставці вантажу по Україні визначається з урахуванням усіх нормативних та ймовірних витрат часу по формулі

$$T_{(Ukr)i} = \frac{t_{(рухUkr)i} + t_{(н-рUkr)i} + 2 \cdot t_{(нпнн)i} + t_{(від)i}}{24}, \quad (2.9)$$

де  $t_{(рухUkr)i}$  – час руху транспортного засобу по території України, год.;

$t_{(н-рUkr)i}$  – час навантаження (розвантаження) транспортного засобу  $i$ -им видом вантажу на території України, год.;

$t_{(нпнн)i}$  – середній час проходження транспортним засобом митного прикордонно-пропускного пункту, год.;

$t_{(від)i}$  – час загального відпочинку водія, год.

Термін виконання умов контракту по доставці вантажу по території іноземних держав визначається по формулі з урахуванням усіх нормативних та ймовірних витрат часу

$$T_{(iд)i} = \frac{t_{(рухiд)i} + t_{(н-рiд)i} + 2 \cdot t_{(нпнн)i} \cdot n_{(нпнн)i} + 0.5 \cdot t_{(дзаг)i} + 0.5t_{(від)i}}{24}, \quad (2.10)$$

де  $t_{(рухiд)i}$  – час руху транспортного засобу по території іноземної держави, год.;

$t_{(н-рiд)i}$  – час навантаження (розвантаження) транспортного засобу  $i$ -им видом вантажу на території іноземної держави, год.;

$t_{(нпнн)i}$  – середній час проходження транспортним засобом іноземних митних прикордонно пропускних пунктів, год.;

$n_{(npnn)i}$  – кількість пунктів перетину кордону, од.;

$t_{(дзаг)i}$  – загальний час додаткових вірогідних простоїв транспортного засобу, год.

Термін виконання умов контракту по доставці вантажу залізницею з підвозом (вивозом) автомобільним транспортом ( $T_{(автзд)i}$ , год) визначаємо по формулі з урахуванням усіх нормативних та ймовірних витрат часу

$$T_{(автзд)i} = \frac{T_{(n-вавт)i} + T_{(зд)i}}{24}, \quad (2.11)$$

де  $T_{(n-вавт)i}$  – час на підвіз (вивіз) вантажу автомобільним транспортом, год.;

$T_{(зд)i}$  – термін виконання умов контракту по доставці вантажу залізницею, год.

Термін виконання умов контракту по доставці вантажу контрейлерним потягом визначається по формулі

$$T_{(дкон)i} = T_{(дукр)i} + T_{(дід)i}, \quad (2.12)$$

де  $T_{(дукр)i}$  – час транспортування вантажу у автопоїзді до (із) станції формування контрейлерного потягу та у контрейлерному потязі по території України, год.;

$T_{(дід)i}$  – час транспортування вантажу у автопоїзді зі (до) станції формування контрейлерного потягу та у контрейлерному потязі по території іноземної держави, год.

Відповідно час, витрачений на транспортування вантажу по території України комбінованими перевезеннями, визначається по формулі

$$T_{(д\text{укр})i} = \frac{2 \cdot l_{(укр\text{прац})i}}{V_{(т\text{укр})i}} + t_{(н(p)\text{укр})i} + t_{(оч\text{здукр})i} + (0,5 \cdot t_{(н-к)i} + \frac{l_{(д\text{кон})i} \cdot \delta_{(укр)i} \cdot K_{(нм)} \cdot 24}{V_{(доб)i}} + t_{(мо\text{г})i} + 0,5 \cdot t_{(з\text{мкол})i}), \quad (2.13)$$

де  $t_{(н(p)\text{укр})i}$  – час на виконання операцій по навантаженню (розвантаженню) на території України, год.;

$t_{(оч\text{здукр})i}$  – час очікування заїзду автопоїздів на потяг, год.;

$\delta_{(укр)i}$  – частка пробігу контрейлерного потягу по території України;

$V_{(доб)i}$  – добова ділянкова швидкість руху контрейлерного потягу, км/добу.

Термін виконання умов контракту по доставці вантажу по території іноземних держав при контрейлерних перевезеннях визначається по формулі

$$T_{(дiд)i} = \frac{2 \cdot l_{(серiд)i}}{V_{(miд)i}} + t_{(н(p)iд)i} + t_{(очiд)i} + (0,5 \cdot t_{(н-к)i} + \frac{l_{(д\text{кон})i} (1 - \delta_{(укр)i}) \cdot K_{(нм)} \cdot 24}{V_{(доб)i}} + t_{(мо\text{г})i} + 0,5 \cdot t_{(з\text{мкол})i}), \quad (2.14)$$

де  $t_{(очiд)i}$  – час очікування навантаження автопоїзду на території іноземної держави, год.;

$t_{(н(p)iд)i}$  – час на виконання операцій по навантаженню (розвантаженню) на території іноземних держав, год.

Блок 4. Розрахунок витрат на транспортування вантажу у міжнародному сполученні по визначеним схемам доставки різними видами наземного транспорту

Витрати виконавця замовлення на доставку вантажу пропонується визначати з урахуванням можливих схем доставки  $i$ -го виду вантажу по формулі

$$Z_{(неp)i} = s_{\omega} \cdot Z_{(авт)i} + s_{\omega} \cdot Z_{(автзд)i} + s_{\omega} \cdot Z_{(конт)i}, \quad (2.15)$$

де  $s_l$  – схема доставки вантажу прямим автомобільним транспортом;

$s_2$  – схема доставки вантажу прямим залізничним транспортом (підвіз (вивіз)) автомобільним транспортом);

$s_3$  – схема доставки вантажу у комбінованому сполученні (контрейлерному);

$Z_{(авт)i}$  – витрати виконавця замовлення на доставку вантажу автомобільним транспортом, грн;

$Z_{(автзд)i}$  – витрати виконавця замовлення на доставку вантажу залізничним транспортом (підвіз (вивіз)) автомобільним транспортом), грн;

$Z_{(конт)i}$  – витрати виконавця замовлення на доставку вантажу з використанням контрейлерів, грн.

Витрати виконавця замовлення на доставку вантажу автомобільним транспортом визначаються по формулі

$$Z_{(авт)i} = Z_{(н-р)i} + Z_{(под)i} + Z_{(пер)i} + Z_{(стп)i} + Z_{(могл)i} + Z_{(від)i}, \quad (2.16)$$

де  $Z_{(н-р)i}$  – витрати на виконання операцій навантаження-розвантаження транспортного засобу, грн;

$Z_{(под)i}$  – витрати на сплату податків, які пов'язані із перетинанням іноземних держав, грн;

$Z_{(пер)i}$  – витрати, пов'язані із оплатою рахунку, який надає виконавець перевезення вантажу автомобільним транспортом, грн;

$Z_{(стп)i}$  – витрати по набуттю страхового полісу для транспортного засобу, грн;

$Z_{(могл)i}$  – витрати на придбання митних документів, необхідних для транспортування вантажу транспортним засобом, грн;

$Z_{(від)i}$  – відрядні водію, грн.

Витрати на виконання операцій навантаження-розвантаження транспортного засобу враховують у який спосіб вони виконуються – механізованим чи немеханізованим способом (бригада вантажників). При перетинанні кордону

іноземної держави виконавець замовлення повинен сплачувати податки, які встановлені урядом даної країни за в`їзд чи транзит по її території, для кожної країни вони мають свій перелік та розмір.

Витрати виконавця замовлення на доставку вантажу залізничним транспортом (підвіз-вивіз) автомобільним транспортом визначаються по формулі

$$Z_{(автзд)i} = Z_{(n-авт)i} + Z_{(зд)i}, \quad (2.17)$$

де  $Z_{(n-авт)i}$  – витрати на підвіз (вивіз) автомобільним транспортом вантажу  $i$ - го виду на (із) залізничної станції, грн;

$Z_{(зд)i}$  – витрати виконавця замовлення на транспортування вантажу  $i$ - го виду залізницею, грн.

Витрати на підвіз (вивіз) автомобільним транспортом вантажу  $i$ - го виду на (із) залізничної станції визначаються по формулі

$$Z_{(n-авт)i} = Z_{(n-в)i} + Z_{(n-р)i}, \quad (2.18)$$

де  $Z_{(n-в)i}$  – витрати, пов`язані із оплатою рахунку, який надає виконавець перевезення за підвіз (вивіз) вантажу автомобільним транспортом, грн.

Витрати виконавця замовлення на транспортування вантажу  $i$ - го виду залізницею пропонується визначати по формулі, враховуючи рекомендації [100]

$$Z_{(зд)i} = (Z_{(n-к)i} + Z_{(перзд)i} \cdot l_{(зд)i} \cdot K_{(нн)}) \cdot K + Z_{(екс)i} + Z_{(доод)i}, \quad (2.19)$$

де  $Z_{(n-к)i}$  – витрати на початково-кінцеві операції, грн;

$Z_{(перзд)i}$  – витрати на транспортування вантажу залізницею, грн;

$l_{(зд)i}$  – відстань доставки по залізниці, км;

$K_{(nn)}$  - коефіцієнт непрямої лінійності автомобільних доріг та залізниць;

$K$  - коефіцієнт індексації тарифів;

$Z_{(екс)i}$  – витрати на експедирування вантажу при транспортуванні залізницею, грн;

$Z_{(од)i}$  – додаткові витрати, які виникають у процесі транспортування вантажу залізницею, грн.

Витрати виконавця замовлення на доставку вантажу з використанням контрейлерних потягів визначаються по формулі

$$Z_{(конт)i} = Z_{(автконт)i} + Z_{(здконт)i}, \quad (2.20)$$

де  $Z_{(автконт)i}$  – витрати на доставку транспортним засобом вантажу  $i$ -го виду до залізничної станції, грн;

$Z_{(здконт)i}$  – витрати виконавця замовлення на транспортування вантажу  $i$ -го виду контрейлерним потягом, грн.

Витрати на доставку транспортним засобом вантажу  $i$ -го виду до залізничної станції визначається по формулі

$$Z_{(автконт)i} = Z_{(тр)i} + Z_{(н-р)i} + Z_{(стр)i} + Z_{(мог)i} + Z_{(від)i}, \quad (2.21)$$

де  $Z_{(тр)i}$  – витрати, пов'язані із транспортуванням вантажу транспортним засобом до залізничної станції, грн.

Витрати, пов'язані із транспортуванням вантажу транспортним засобом до залізничної станції, визначаються по формулі

$$Z_{(тр)i} = (2 \cdot l_{(укррац)i} \cdot (C_{(зм)i} + \frac{C_{(носм)i}}{V_{(тукр)i}}) + 2 \cdot l_{(серід)i} \cdot (C_{(зм)i} + \frac{C_{(носм)i}}{V_{(мід)i}})) \times (1 + \frac{d_{(н)}}{100}) \cdot (1 + \frac{d_{(ндв)}}{100}) \cdot (1 + \frac{d_{(екс)}}{100}), \quad (2.22)$$

де  $l_{(укррац)i}$  – раціональна відстань під`їзду (від`їзду) транспортним засобом до (з) залізничної станції на території України, км.

Аналіз транспортних коридорів залізничного транспорту на території України показав, що вони мають точки перетину у наступних містах -Одеса, Львів, Київ. На основі методики визначення оптимального радіусу зони обслуговування станцій формування контрейлерних потягів [7] дані міста приймаються як центри зон обслуговування, враховуючи, що зона обслуговування має вигляд кола. Для забезпечення рівномірного розподілення центрів по території України та скорочення пробігу автомобільного транспорту існує необхідність створення станцій формування контрейлерних потягів на Сході України. Для цього обираємо крупні транспортні вузли – м. Харків та м. Донецьк (див. додаток А, рис. А.3). Раціональна відстань підвозу вантажів автомобільним транспортом по території України до станцій формування контрейлерних потягів визначається по формулі

$$l_{(укррац)i} = \frac{2}{3} \cdot R_{(обсл)}, \quad (2.23)$$

де  $R_{(обсл)}$  – оптимальний радіус зони обслуговування станцій формування контрейлерних потягів, км.

Оптимальний радіус зони обслуговування станцій формування контрейлерних потягів визначається по формулі

$$R_{(обсл)} = K_{(нм)} \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot N_{(ц)}}}, \quad (2.24)$$

де  $K_{(нм)}$  – коефіцієнт нерівномірності охопту визначеними зонами обслуговування усієї території України;

$F$  – площа України, км<sup>2</sup>;

$N_{(ц)}$  – кількість визначених центрів зон обслуговування, од.



Витрати виконавця замовлення на транспортування вантажу  $i$ -го виду контрейлерним потягом визначаються по формулі

$$Z_{(здконт)i} = (Z_{(п-к)i} + Z_{(перконтр)i} \cdot l_{(дконт)i} \cdot K_{(нп)}) \cdot K + Z_{(екс)i} + Z_{(дод)i}, \quad (2.25)$$

де  $l_{(дконт)i}$  – відстань доставки вантажу контрейлером, км;

$Z_{(перконтр)i}$  – витрати на транспортування автопоїздів контрейлерним потягом, грн.

Блок 5. Розрахунок витрат на іммобілізацію коштів замовника транспортної послуги. В загальному випадку фінансові втрати, обумовлені іммобілізацією коштів, визначаються по формулі

$$Z_{(ік)i} = \frac{Ц_{(1м)i} \cdot q_{(н)i} \cdot \gamma_{(см)} \cdot \delta_{(кб)} \cdot P_{(кб)} \cdot T_{(д)i}}{100 \cdot t_{(кр)i}} + \frac{Ц_{(1м)i} \cdot q_{(н)i} \cdot \gamma_{(см)} \cdot (1 - \delta_{(кб)}) \cdot d_{(фз)} \cdot T_{(д)i}}{100 \cdot t_{(ан)i}} \quad (2.26)$$

Блок 6. Розрахунок витрат на схоронність вантажу замовника транспортної послуги. Фінансові витрати, пов'язані з фізичною порчею, втратою вантажу та страхуванням, можна визначити по формулі [101,102]

$$Z_{(схор)i} = \frac{Ц_{(1м)i} \cdot q_{(н)i} \cdot \gamma_{(см)} \cdot P_{(смп)i}}{100} + \Delta C, \quad (2.27)$$

де  $p_{(смп)i}$  – відсоток страхової фірми, який залежить від виду вантажу та напрямку доставки, %;

$\Delta C$  - недоотриманий прибуток від втрати вантажу, грн.

Блок 7. Розрахунок загальних витрат замовника транспортної послуги.

Визначення загальних витрат замовника транспортної послуги проводиться по формулі (2.8).

Блок 8. Вивід результатів розрахунків. Вихідна інформація після визначення загальних витрат замовника транспортної послуги по перевезенню вантажів у міжнародному сполученні представлена у вигляді схеми доставки з наведенням мінімальних витрат по кожній складовій, враховуючи коефіцієнти значимості критерію для замовника відповідно по витратам та функцій ризику для кожної складової витрат з урахуванням функції втрат.

На основі розробленого алгоритму складена математична модель вибору замовником оптимальної схеми доставки вантажу наземними видами транспорту.

Задача прогнозування вантажопотоків у міжнародному сполученні вирішується за наступним алгоритмом, який має чотири етапи рис. 2.3.

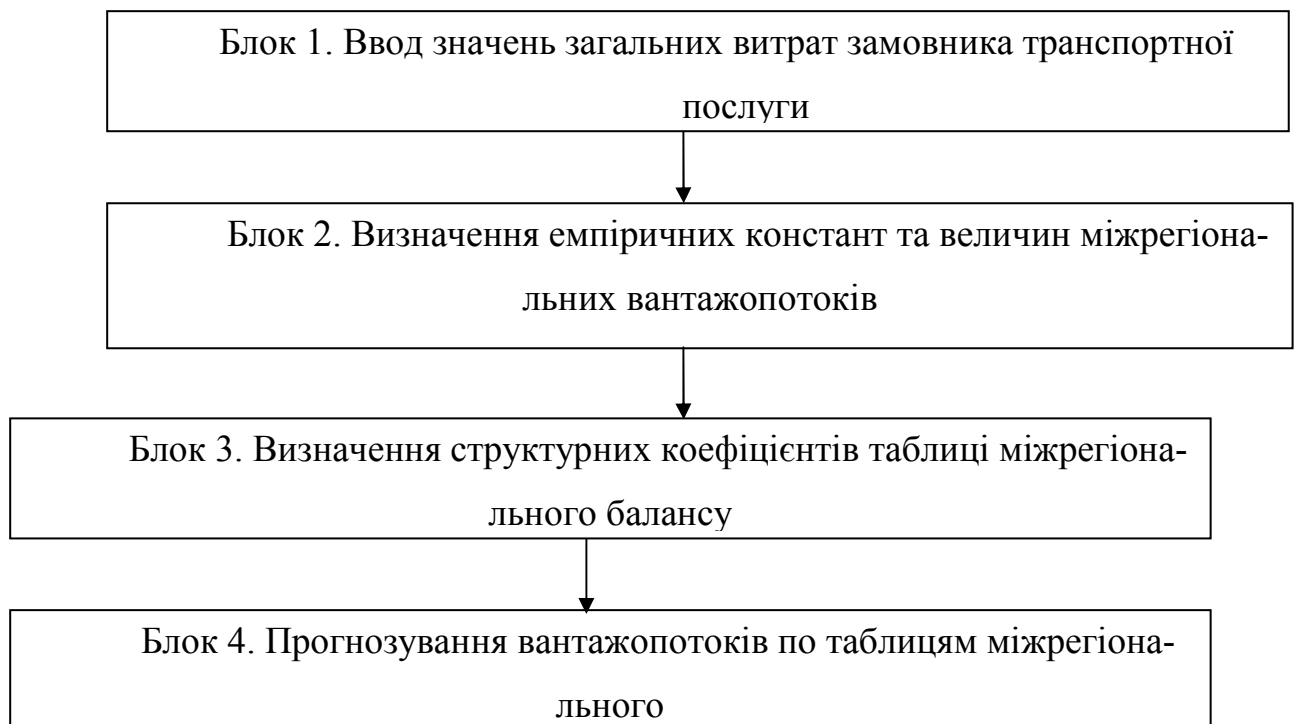


Рис. 2.3. Узагальнений алгоритм прогнозування вантажопотоків у міжнародному сполученні на наземних видах транспорту

Блок 1. Ввод значень загальних витрат замовника транспортної послуги.

Враховуючи ймовірну структуру витрат, яку понесе замовник транспортної послуги у міжнародному сполученні, для таблиці міжгалузевого міжрегіонального балансу обираються для подальших розрахунків мінімальні значення загальних витрат.

Блок 2. Визначення емпіричних констант та величин міжрегіональних вантажопотоків.

Міжрегіональні емпіричні константи безпосередньо оцінюються на основі сукупних регіональних вантажопотоків базового року з урахуванням загальної вартості доставки вантажу для замовника транспортної послуги.

Блок 3. Визначення структурних коефіцієнтів таблиці міжрегіонального балансу.

Структура виробничого процесу в кожному регіоні представляється визначеним вектором структурних коефіцієнтів, які кількісно характеризують зв'язок між загальними витратами на доставку продукції з (в) даного регіону та обсягом вантажопотоків з (в) даного регіону по галузям народного господарства країни по формулам (2.1) – (2.6).

Блок 4. Прогнозування вантажопотоків по таблицям міжрегіонального балансу.

Врахування структурних коефіцієнтів таблиці міжрегіонального балансу, обсягів вантажопотоків за базовий рік по видах транспорту у відповідному напрямку, загальних витрат замовника на доставку даних обсягів вантажопотоків дозволяє спрогнозувати дані на майбутній період (рік). Тривалість прогнозу за даним методом ліквідує похибки від коливання структури вантажопотоків.

Складність всіх видів теоретичних схем, які можуть ефективно використовуватися в практичному емпіричному аналізі, як правило, строго обмежені характером та обсягом фактичної інформації, яка має місце. Дана система є „економічною моделлю”, яка використана для прогнозування та планування при мінімальному обсязі даних. По мірі отримання інформації ця модель забезпечує також гнучку, але в той же час внутрішньо непротивну структуру загальної рів-

новаги, в яку можливо вбудувати потужні інструменти часткового аналізу, такі як, лінійне програмування.

При існуючій кон'юктурі ринку ймовірна ситуація, коли замовник обирає декілька критерієв доставки вантажу, найбільш важливих для нього. В такому випадку решта складових критерія доставки для замовника дорівнюють нулю і розглядається часткова цільова функція. Даний вибір носить вольовий характер фірми - замовника перевезення вантажу [103]. Відповідно, при ситуації, що склалася, видозмінюється технологія доставки вантажу і вибирається найбільш раціональний спосіб доставки, який задовольняє потреби замовника.

# **1. МОДЕЛЮВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

Формування вантажопотоків відбувається у відповідності з транспортно-економічними зв'язками, визначеними напрямками, стійкістю, потужністю та характером вантажопотоків. Моделювання вантажопотоків у міжнародному сполученні базується на мінімізації загальних витрат замовників транспортної послуги у міжнародному сполученні при перевезенні вантажів, які залежать від впливу багатьох факторів.

## **3.1. Ранжування коефіцієнтів значимості складових витрат замовника транспортної послуги**

### **3.1.1 Обґрунтування розміру вибірки респондентів для проведення анкетування**

Однією з основних задач математичної статистики є використання властивостей деякої обмеженої підмножини об'єктів, узяті із сукупності, для судження про невідомі властивості її інших об'єктів [104].

Група об'єктів, предметів або явищ, об'єднаних загальною ознакою або властивістю якісного або кількісного фактора, називається сукупністю. Її величина може бути як кінцевою, так і нескінченно великою.

Частина об'єктів, що потрапила на перевірку, дослідження і т.п., називається вибірковою сукупністю або вибіркою. Вибірковий метод дозволяє судити про характеристики сукупності по характеристиках відібраної вибірки. Найбільш важливим принципом у застосуванні вибіркового методу є забезпечення рівної можливості всім одиницям, що входять до складу генеральної сукупності. При такому об'єктивному підході до добору одиниць, коли жодна одиниця не має перевагу потрапити в сукупність, що відбирається, характеристики вибіркової сукупності при збільшенні обсягу вибірки прагнуть до характеристик генеральної сукупності [105].

За способом організації вибірки розрізняють наступні види вибіркового методу:

- власне-випадковий;
- механічний;
- типовий;
- серійний;
- комбінований.

Власне-випадковий добір орієнтований на вибірку одиниць генеральної сукупності без усякого поділу її на групи по таблиці випадкових чисел [104,105].

При механічній вибірці генеральна сукупність поділяється на стільки груп, скільки одиниць повинне ввійти у вибірку. Потім з кожної групи вибирається одна одиниця.

При типовому доборі генеральна сукупність поділяється по деякій ознаці на типові групи і потім з кожної групи відбирається визначене число одиниць.

При серійному доборі з рівновеликими серіями генеральну сукупність поділяють на однакові за обсягом групи – серії і роблять вибірку не одиниць сукупності, а серій. Серії, що потрапили у вибірку, піддаються суцільному обстеженню.

Комбінована вибірка являє собою комбінацію серійного добору з індивідуальним.

Для визначення розміру вибірки не існує єдиного способу. Різні дослідники по-різному визначають величину вибірки. Якщо розмір генеральної сукупності невеликий, то можливо визначити її середньоквадратичне відхилення і по спеціальній формулі визначити розмір вибірки [106]. Інші дослідники вважають, що число спостережень (розмір вибірки) повинно бути в 6-7 разів більше числа факторів, що включаються в модель [107].

Акад.. Митропольський А.К. пропонує визначати розмір вибірки з таблиці досить великих чисел [108]. Ця таблиця складена на підставі формули, виведеної при доказі теореми Бернуллі.

Передбачається, що необхідно мати представлення про дане значення досліджуваної властивості в генеральній сукупності на підставі частки цього значення в частковій сукупності (вибірці), щоб з визначеним “ступенем упевненості” можна було б вважати, що відхилення невідомої частки від частоти не перевищує деякої припустимої помилки.

“Ступінь імовірності” визначається величиною імовірності (p), з якою робиться відповідній досліджуваній задачі висновок. У практиці наукових досліджень звичайно приймається  $p=0,95$ . Припустима помилка при дослідженнях приймається рівної 0,05, при цих значеннях (p) та досить велике число спостережень дорівнює 384 [104,105].

Для визначення коефіцієнтів ваги кожної із складових загальних витрат замовника транспортної послуги передбачається отримання інформації від останніх за допомогою методу експертних оцінок (див. розділ 2).

Оцінка експертів дає загальну інформацію про явище або процес, що вивчається; відповіді експертів можуть містити числову та змістову інформацію, тому в процесі обробки оцінок експертів необхідно застосовувати різні кількісні та якісні методи. В залежності від цілі експертизи при обробці експертних оцінок вирішуються наступні проблеми: формування узагальненої оцінки; визначення надійності результатів обробки; визначення відносної ваги об’єктів; встановлення ступеня узгодженості думок експертів; визначення залежностей між ранжируваннями.

Для проведення опитування необхідно зробити вибірку із генеральної сукупності даних. При проектуванні вибіркового спостереження заздалегідь задаються величинами допустимої помилки вибірки та вірогідність відповіді. Чисельність вибірки при неповторному способі відбору визначається по формулі [104]

$$n = \frac{t^2 \cdot 0.25 \cdot N}{N \cdot \Delta^2 + t^2 \cdot 0.25} , \quad (3.1)$$

де  $t_{\beta}$  – показник кратності середньоквадратичного відхилення, який визначається в залежності від заданої вірогідності  $F(t) = 0,95$ ,  $t_{\beta} = 1,96$  [98];

$\Delta$  - абсолютна похибка вірогідності (приймаємо 5%);

$N$  – розмір генеральної сукупності, од.

За статистичними даними Східно-регіональної митниці у Харкові та Харківській області працює 678 експортерів та 475 імпортерів. Відповідно чисельність вибірки для експортерів ( $n_{\text{експ}}$ , од.) та імпортерів ( $n_{\text{імп}}$ , од.) буде становити

$$n_{\text{експ}} = \frac{1,96^2 \cdot 0,25 \cdot 678}{678 \cdot 0,05^2 + 1,96^2 \cdot 0,25} = 245 \text{ од.},$$

$$n_{\text{імп}} = \frac{1,96^2 \cdot 0,25 \cdot 475}{475 \cdot 0,05^2 + 1,96^2 \cdot 0,25} = 212 \text{ од.}$$

3.1.2 Методика проведення та обробка даних анкетування учасників ринку вантажних міжнародних перевезень.

Проведення експертного опитування проводилося по методиці [109]. Для обробки проведеного анкетування обирається ранжування та метод попарних порівнянь (метод ієрархій). Для проведення анкетування розроблена анкета опитування замовників транспортної послуги, яка враховує всі можливі критерії вибору схеми доставки вантажу у міжнародному сполученні, що наведена у додатку В.

Анкетування проводилось два рази декількома способами: телефонні опитування, інтернет-пошта, особисті зустрічі з експертами. Перше анкетування проводилося для виявлення параметрів якості, тобто які із параметрів є головнішими, а друге анкетування – для укрупнених основоположних груп витрат. Це пов'язано з тим, що при оцінці великої кількості факторів з'являються труднощі при аналізі методом ранжування із-за сприйняття експертами множини власти-



востей об'єктів. При попарному порівнянні експерти порівняно легко вирішують проблему оцінки.

При аналізі думок експертів використано математичний метод, який найбільш широко застосовується - перевірка узгодженості. Вхідною інформацією даного методу є відповіді експертів, які наведено в таблицях 3.1 та 3.2. Місце параметра якості буде присуджуватись за таким принципом: найбільш вагомому параметру надається найменший ранг. Таким чином, необхідно визначити сумарне значення рангів по кожному параметру по формулі [110]

$$x_i = \sum_1^j x_j \cdot m_j, \quad (3.2)$$

де  $x_i$  – сумарне значення рангів  $i$ -того параметра;

$j$  – кількість рангів;

$x_j$  – значення рангу  $i$ -того параметра, приписаного експертом;

$m_j$  – кількість експертів, надавших  $j$ -й ранг параметру.

Аналіз опитування фахівців транспортної галузі дозволив виділити критерії ранжування якості перевезення вантажів у міжнародному сполученні, які наведені в табл. 3.1. Найменше значення  $x_i$  займе перше місце, наступне найменше – друге, і так по зростанню значень. В табл. 3.1 наведені значення рангів, сумарне значення кожного параметра та місце кожного критерію якості при опитуванні експортерів, в табл. 3.2 - при опитуванні імпортерів.

Таблиця 3.1

Підсумки ранжування критеріїв якості перевезення вантажів у міжнародному сполученні (експортери)

Найменування критерію	Ранги										Сум. ранг	Місце
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Надійність виконання строків доставки	38	41	90		30				27		78	3
Тарифи на транспортування	74	66	18	65					10		61	2
Загальний час транзиту	42		23	75	45	21	12	10		5	97	4

Готовність перевізника до переговорів про зміну ціни		24	47	60	52		22		17	36	13 56	6
Імідж фірми		45			43	87	19	35		10	13 40	5
Частота сервісу						44	56	38	69	79	23 71	10
Втрати на розкрадання вантажу схоронність	91	36	12	45		11				10	54 5	1
Супровід вантажу			33		29	27	22	80	31	35	18 29	8
Слідкування за відправками					23	21	54	65	61	45	21 38	9
Зручність і швидкість оформлення заявки		33	22		23	34	60	17	30	25	15 27	7
Разом											13 47 5	-

Слід зазначити, що значення у клітині, наприклад, 38 - сумарна кількість експертів, які поставили даний ранг визначеному критерію.

Таблиця 3.2

Підсумки ранжування критеріїв якості перевезення вантажів у міжнародному сполученні (імпортери)

Найменування критерію	Ранги										Сума ранг	Місце
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Надійність виконання строків доставки	33	30	45	24	15	5		15			54 9	1
Тарифи (витрати) на транспортування	45	56	22	51	15	12		15	9		77 5	2
Загальний час транзиту "від дверей до дверей"	33	25	30	38	10	15	10	20	17	5	89 8	4
Готовність перевізника до переговорів про зміну тарифу	15	43	38	20	24	25	15	12	8	10	93 8	6
Імідж фірми		34	5		18	60	7	20	13	5	90 9	5
Частота сервісу		10	20	10	10	36	50	33	45	42	18 25	9
Втрати та розкрадання вантажу (схоронність вантажу)	40	14	12	37	33	5	20		10	15	82 7	3

Супровід ван-тажу	25		25			15	26	42	37	75	17 91	8
Слідкування за відправками			5	32	40	9	30	24	20	3	10 09	7
Зручність та швидкість оформлення заявки	21		10		47	30	54	31	53	57	21 39	10
Разом											116 60	-

При виконанні ранжування об'єктів експерти звичайно мають різні думки по проблемі. В зв'язку з цим є необхідність кількісної оцінки ступеня узгодженості експертів. Отримана кількісна оцінка дає можливість інколи виявити причини розходження думок. Для оцінки ступеню узгодженості думки експертів при ранжуванні найбільш часто використовують коефіцієнт конкордації [109]. В теперішній час відомо два коефіцієнти конкордації: дисперсійний та ентропійний. Дисперсійний та ентропійний коефіцієнти при близьких ранжуваннях дають приблизно однакову оцінку узгодженості. Але ентропійний коефіцієнт конкордації дозволяє зафіксувати факт розділення думок на дві протилежні групи, якщо думки експертів розходяться [109,110].

За результатами проведеного анкетування визначаємо дисперсійний коефіцієнт конкордації по формулі

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (3.3)$$

де  $S$  – сума квадратів відхилення середніх рангів від загального середнього;

$m$  – кількість експертів;

$n$  – кількість параметрів, наданих для ранжування.

Сума квадратів відхилення середніх рангів від загального середнього розраховується по формулі

$$S = \sum_{i=1}^n \left( \bar{x}_i - \bar{x}_{cp} \right)^2, \quad (3.4)$$

де  $\bar{x}_{cp}$  – загальне середнє по матриці;

$\bar{x}_i$  - оцїнка по кожному параметру, отримана від усіх експертів  
(див. табл. 3.1 та табл. 3.2.)

Загальне середнє по матриці визначається по формулі

$$\bar{x}_{cp} = \frac{\sum_{i=10} S_{(ранг)i}}{n}, \quad (3.5)$$

де  $S_{(ранг)i}$  – сума рангів по кожному з параметрів наданих для ранжування (див. табл. 3.1 та табл. 3.2.).

Таким чином, загальне середнє по матриці для експортерів ( $\bar{x}_{cp}^{експ}$ ) та для імпортерів ( $\bar{x}_{cp}^{імп}$ ) дорівнює

$$\bar{x}_{cp}^{експ} = \frac{13475}{10} = 1347,5,$$

$$\bar{x}_{cp}^{імп} = \frac{11660}{10} = 1166,0.$$

Дисперсійний коефіцієнт конкордації для експортерів та імпортерів з урахуванням кількості визначених критеріїв дорівнює

$$W_{експ} = \frac{12 \cdot 3581219}{245^2 \cdot (10^3 - 10)} = 0,723,$$

$$W_{імп} = \frac{12 \cdot 2634632}{212^2 \cdot (10^3 - 10)} = 0,711.$$

Так як значення дисперсійного коефіцієнту конкордації знаходиться в межах від 0,7 – 1,0, то узгодженість експертів як експортерів, так і імпортерів є доброю, тобто на відповідях експертів можна робити висновки щодо важливості кожного із критеріїв якості і його рангу.

Частинні показники складових витрат замовника транспортної послуги та їх вагомість визначаємо по формулі

$$\beta_{i(j)} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}}{\sum_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^k \left[ \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}}{\sum_{j=1}^m a_{ij}} \right]}, \quad (3.6)$$

де  $a_{ij}$  – ранг, присуджений  $i$ -му критерію експертом (див. табл. 3.1 та табл. 3.2.).

$$\beta_1 = \frac{\frac{13475}{545}}{\left( \frac{13475}{545} + \frac{13475}{610} + \frac{13475}{783} + \frac{13475}{976} + \frac{13475}{1340} + \frac{13475}{1356} + \frac{13475}{1527} + \frac{13475}{1829} + \frac{13475}{2138} + \frac{13475}{2371} \right)} = 0,196.$$

Розрахунки значень ваг критеріїв зведені до табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Результати розрахунків вагомості частинних показників  
якості транспортної послуги

№ показника	Найменування критерію (показника)	Вага критерію	
		для експортерів	для імпортерів
1	Надійність виконання строків доставки	0,137	0,179
2	Тарифи(витрати) транспортування	0,175	0,127
3	Загальний час транзиту “від двері до двері”	0,110	0,110
4	Готовність перевізника до переговорів про зміну тарифу	0,079	0,105
5	Імідж фірми	0,080	0,108

6	Частота сервісу	0,045	0,054
7	Втрати та розкрадання вантажу(схоронність вантажу)	0,196	0,119
8	Супровід вантажу	0,058	0,055
9	Слідкування за відправками	0,050	0,098
10	Зручність та швидкість оформлення заявки	0,070	0,046
Разом		1,0	1,0

Всі критерії якості згруповано в основоположні групи складових витрат: ціна на перевезення вантажів визначається наступними критеріями: тарифи (витрати) на транспортування, готовність перевізника до переговорів про зміну тарифу, загальний час транзиту “від дверей до дверей”; витрати на схоронність вантажу - втрати та розкрадання вантажу (схоронність вантажу), супровід вантажу, слідкування за відправками, імідж фірми; до витрат на іммобілізацію - надійність виконання строків доставки, частота сервісу, зручність і швидкість оформлення заявки – це критерії по яких ми можемо визначити, чи будуть або не будуть звертатися до нової фірми при вигідних умовах.

При укрупненні складових по кожній витраті, отримуємо таку послідовність вагомості для експортерів: схоронність ( $\beta = 0,384$ ) – найбільш вагомий, ціна ( $\beta = 0,364$ ) – менш вагомий, іммобілізація коштів ( $\beta = 0,252$ ) – не досить вагомий; для імпортерів: схоронність ( $\beta = 0,379$ )– найбільш вагомий, ціна ( $\beta = 0,342$ ) - менш вагомий, іммобілізація коштів ( $\beta = 0,279$ ) – не досить вагомий. Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що як для експортерів так і для імпортерів пріоритетним є насамперед схоронність вантажу та ціна перевезення.

### 3.1.3 Визначення вагових коефіцієнтів за методом ієрархій.

На цьому етапі необхідно визначити, які із критеріїв більш важливі з точки зору вагових коефіцієнтів. Аналізуючи анкети, можна зробити висновки щодо кількісних оцінок при порівнянні пар. Результати обробки анкет методом парних порівнянь з урахуванням відносної важливості критеріїв наведені у табл.

3.4. Значення 1,2,6 та 7 є інтенсивностями відносної важливості. А саме: 1 – рівний вклад двох критеріїв, які порівнюються, 2 - проміжне значення між рівним вкладом та легкою перевагою одного критерію над іншим, 6 – проміжне значення між сильною перевагою одного критерію над іншим та значною перевагою одного критерію над іншим, 7 – одному критерію надається значна перевага над іншим. Значення 1/2, 1/6 та 1/7 - при порівнянні переваги одного критерію над іншим маємо зворотні величини, бо розрахунки виконуються у зворотному порядку.

Обробка даних виконується в наступній послідовності. Для кожної строки матриці попарних порівнянь визначаємо значення власного вектора по формулі:

$$a_i = \sqrt[n]{X_{i1} \cdot X_{i2} \cdot X_{i3} \cdot \dots \cdot X_{ij} \cdot \dots \cdot X_{in}}, \quad i=1,2,\dots,n, \quad (3.7)$$

де  $a_i$  – власний вектор оцінок для  $i$ -го критерію;

$n$  – розмірність матриці - кількість критеріїв, що порівнюються;

$i, j$  - порядкові номери строк і стовпців в матриці попарних порівнянь.

Таблиця 3.4

Результати обробки матриць попарних порівнянь з урахуванням відносної важливості критеріїв

Критерії	Схоронність вантажу	Імобілізація коштів	Ціна
Схоронність вантажу	1,00	4,50	2,00
Імобілізація коштів	0,21	1,00	1,50
Ціна	0,50	13,00	1,00
Сума по стовпцях	0,71	17,50	3,50

Сукупність значень  $a_i$  утворює вектор власних значень оцінок критеріїв.

$A = (a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n)$ :

- для схоронності вантажу

$$a_1 = \sqrt[3]{1 \cdot 4,5 \cdot 2} = 2,08 ,$$

- для іммобілізація коштів

$$a_2 = \sqrt[3]{0,2 \cdot 1 \cdot 1,5} = 0,678 ,$$

- для ціни доставки вантажу

$$a_3 = \sqrt[3]{0,5 \cdot 13 \cdot 1} = 1,866 .$$

Для матриці сума значень власних векторів оцінок критеріїв розраховується по формулі

$$S = \sum_{i=1}^n a_i . \quad (3.8)$$

Нормалізацію оцінок власних векторів для кожної строки матриці визначаємо по формулі

$$d_i = \frac{a_i}{S} . \quad (3.9)$$

Сукупність значень  $d_i$  – це вектор пріоритетів критеріїв

$$D = [d_1, d_2, d_3, \dots , d_i, \dots , d_n], \quad (3.10)$$

- для схоронності вантажу



$$d_1 = \frac{2,08}{4,624} = 0,450$$

- для іммобілізація коштів

$$d_2 = \frac{0,678}{4,624} = 0,147$$

- для ціни доставки вантажу

$$d_3 = \frac{1,866}{4,624} = 0,403$$

Розрахунок вектора пріоритету виконуємо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Розрахунок вектора пріоритету критеріїв

Критерій ( <i>i</i> ) та його номер	$\prod_{j=1}^{n=3} X_{ij}$	$a_i = \sqrt[3]{\prod_{j=1}^{n=3} X_{ij}}$	$d_i = \frac{a_i}{S}$
Схоронність вантажу	9	<b><math>a_1 = 2,080</math></b>	$d_1 = 0,450$
Іммобілізація коштів	0,31	$a_2 = 0,678$	$d_2 = 0,147$
Ціна	6,5	$a_3 = 1,866$	$d_3 = 0,403$
Сума	15,81	$S = \sum a_i = 4,624$	1,000

Перевірка узгодженості виконується з використанням індексу узгодженості ( $I_{(узг)}$ ), значення якого визначаємо по формулі

$$I_{(y_{3z})} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (3.11)$$

де  $\lambda_{\max}$  – найбільше власне значення матриці суджень (сума добутку підсумків по стовпцям на відповідне значення нормалізованого вектора власних значень);

$n$  – число елементів, які порівнюються.

Для зворотно симетричної матриці завжди  $\lambda_{\max} > n$ .

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \lambda_1 \cdot d_1 + \lambda_2 \cdot d_2 + \lambda_3 \cdot d_3 = \\ &= 0,71 \cdot 0,450 + 17,5 \cdot 0,147 + 3,50 \cdot 0,403 = 4,15, \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$I_{(y_{3z})} = \frac{4,15 - 3}{3 - 1} = 0,575.$$

Відношення узгодженості ( $B_{(y_{3z})}$ ) розраховується через середнє значення випадкової узгодженості матриці такого ж порядку по формулі

$$B_{(y_{3z})} = \frac{I_{(y_{3z})}}{B_{(y_{3z})_k}} \cdot 100, \quad (3.13)$$

де  $B_{(y_{3z})_k}$  - випадкова узгодженість для матриці порядку  $n$  (по шкалі випадкової узгодженості для розміру матриці  $(3 \times 3)$ , приймаємо - 0,58).

$$B_{(y_{3z})} = \frac{0,575}{0,58} \cdot 100 = 9,91\%$$

Узгодженість вважається задовільною, коли  $B_{(y_{3z})} \leq 10\%$  (в деяких випадках можна припустити  $B_{(y_{3z})} \leq 20\%$ , але не більш) [110].

Після проведення анкетування та обробки даних, аналізуючи результати двох вище наданих методик, послідовність ваги складових витрат при доставці вантажів у міжнародному сполученні буде наступною: схоронність (0,450), ціна (0,403), іммобілізація коштів (0,147).