

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА
АКАДЕМІЯ»

Кафедра математики
факультету інформатики

Кваліфікаційна робота

освітній ступінь – бакалавр

на тему: **«Модель прогнозування загальних інвестиційних витрат з
розподіленням лагом та автокореляцією»**

Виконала: студентка 4-го року навчання
освітньої програми «Прикладна математика»,
спеціальності 113 Прикладна математика

Кузенко Крістіна Костянтинівна

Керівник:

Дрінь С. С., _____

Рецензент:

Артеменко Л. П., _____

Кваліфікаційна робота захищена
з оцінкою _____

Секретар ЕК _____

«____» _____ 2022 р.

Київ 2022

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВО-МОГИЛЯНСЬКА
АКАДЕМІЯ»

Кафедра математики факультету інформатики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри математики,
проф., д.ф-м.н.

_____ Б. В. Олійник
(підпис)

„_____” _____ 2022 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
на бакалаврську роботу

студенту 4-го курсу бакалаврської програми, факультету інформатики
Крістіна Кузенко

Розробити комп'ютерну програму, яка за вхідними даними пояснює та
прогнозує загальні інвестиційні витрати.

Вихідні дані:

- похибка вимірювання – 5 %;
- коефіцієнт, який показує загальні інвестиційні витрати на рік та прогноз на наступний рік;

Зміст ТЧ до магістерської роботи:

Зміст

Анотація

Вступ

1. Огляд існуючих теорій з цього питання;
2. Розробка структурної моделі прогнозування інвестиційних витрат та прогнозування на наступний часовий період;
3. Розробка алгоритму програми;
4. Програма для знаходження коефіцієнта інвестиційних витрат;
5. Результати, які будуть отримані при дослідженні реальних даних;

Висновки

Список літератури

Додатки

Дата видачі „_____” _____ 2022 р. Керівник _____
(підпис)

Завдання отримав _____
(підпис)

Календарний план виконання роботи

№ п/ п	Назва етапу кваліфікаційного проекту (роботи)	Термін виконання етапу	Примі тка
1.	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу.	03.12.2021	
2.	Огляд технічної літератури за темою роботи.	23.12.2021	
3.	Виконати аналіз сучасних методів	07.01.2021	
3.	Розробка моделі	14.02.2021	
4.	Розробка алгоритму	05.04.2022	
5.	Програмування розробленого алгоритму	25.04.2022	
6.	Виконання порівняльного аналізу моделей	27.05.2022	
7.	Написання пояснювальної роботи.	05.06.2022	
8.	Створення слайдів для доповіді та написання доповіді.	12.06.2022	
8.	Аналіз отриманих результатів з керівником, написання доповіді та попередній захист магістерської роботи.	14.06.2022	
10.	Корегування роботи за результатами попереднього захисту.	24.06.2022	
11.	Остаточне оформлення пояснювальної роботи та слайдів.	26.06.2022	
12.	Захист кваліфікаційної роботи (проекту)	04.07.2022	

Студент _____

Керівник _____

“ _____ ” _____

Зміст

Анотація	6
Вступ	7
Розділ 1	9
1.1 Основні позначення	9
1.2 Основні означення	9
1.2.1 Основні фонди	9
1.2.2 Інвестиції	10
1.2.3 Чисті основні фонди	11
1.2.4 Амортизація основних фондів	12
1.2.5 Капітал, різниця між капіталом та основними фондами	13
1.2.6 Чисті інвестиції	14
1.2.7 Основні джерела фінансування підприємств	15
1.3 Висновки до першого розділу	16
Розділ 2	17
2.1 Загальне про моделі	17
2.2 Стохастична специфікація	17
2.3 Акселераторна модель	18
2.3.1 Проста акселераторна модель	19
2.3.2 Гнучка акселераторна модель	20
2.3.3 Висновок про акселераторну модель	23
2.3.4 Удосконалення акселераторної моделі	23
2.4 Модель грошового потоку	25
2.5 Неокласична модель	27
2.5.1 Теоретичні характеристики неокласичної моделі	27
2.5.2 Неокласична модель Холла і Джоргенсона	30
2.5.3 Практична реалізація неокласичної моделі	31
2.6 Тобіновська q-модель	32
2.7 Авторегресійна модель	34
2.8 Порівняльна характеристика моделей	35
2.8.1 Спільна характеристика моделей	35
2.8.2 Довжина лагу	35
2.7.3 Відсоток помилок	36

2.8.4 Подальше дослідження	36
2.9 Інвестиційна модель для компанії з коротким періодом виробництва	36
2.9.1 Інвестиції у випадку акселераторної моделі	37
2.9.2 Інвестиції у випадку моделі грошового потоку	40
2.9.3 Використання інтегрованої моделі	41
2.10 Висновки до другого розділу	42
Розділ 3	43
3.1 Дані	43
3.1.1 Загальний опис	43
3.1.2 Стаціонарність	45
3.2 Практична реалізація моделей	46
3.2.1 Практична реалізація акселераторної моделі	46
3.2.2 Практична реалізація удосконаленої акселераторної моделі	50
3.2.3 Практична реалізація моделі грошового потоку	53
3.3 Порівняння моделей на основі отриманих результатів	56
3.4 Висновки до третього розділу	57
Висновки	58
Список літератури	59
Додаток. Практична реалізація на R	60

Анотація

Дана кваліфікаційна робота була присвячена дослідженню моделей прогнозування інвестиційних витрат та розробці власної моделі (удосконаленої).

Мета та завдання кваліфікаційної роботи: дослідити декілька підходів до моделювання і прогнозування інвестиційних витрат та розробити алгоритм для цього.

Об'єкт дослідження: п'ять моделей прогнозування інвестиційних витрат.

Практичне значення одержаних результатів дослідження: аналіз існуючих аналогів дозволяє зрозуміти переваги та недоліки кожної з моделей та запропонувати найкращий варіант для тестування на реальних даних.

Ключові слова: прогнозування інвестиційних витрат, лаг, основні фонди.

Вступ

Інвестиції — це види цінностей, що вкладаються в об'єкти певної діяльності з метою отримання прибутку в майбутньому. Некоректне прогнозування інвестицій може призвести до величезних грошових втрат в майбутньому, так само і навпаки: правильно оцінені аспекти діяльності та ефективне дослідження зовнішнього інвестиційного середовища з високою ймовірністю допоможуть примножити прибуток. [1]

Для того, щоб передбачення інвестицій було якомога більш ефективним, ми маємо враховувати всі рішення, що були прийняті не тільки минулого року, а й ті, що були прийняті два-три роки тому. Завдяки цьому можна більш чітко зрозуміти, яка економічна ситуація була в той період часу. В той же час економічна ситуація поточного року не є полем для прогнозування інвестицій і не має впливати на інвестування в поточному році. Детальне дослідження прихованих параметрів та факторів змін інвестиційних витрат допоможе коректніше їх передбачати.

У кваліфікаційній роботі буде розглянуто прогнозування інвестицій у виробництво - найбільшої складової сукупних реальних інвестицій. Для аналізу інвестицій буде використано дослідження статистичних та динамічних властивостей прогнозування моделей з автокореляційними залишками, а також моделей з розподіленими лагами.

Будівлі та обладнання є довготерміновим та придатним для тривалого використання товаром. Таким чином, інвестиційні витрати, що оновлюються і розширюють запас основних фондів, також збільшують потенційну потужність випуску, як у поточному періоді так і в

майбутньому. Оскільки нові засоби виробництва втілюють у собі значною мірою сучасні технічні досягнення, то потенційні переваги технічного прогресу можуть бути реалізовані лише у формі інвестування.

Власне саме така проблема і зумовила **мету** роботи, яка полягає у тому, щоб створити набір інструментів, які дозволять спрогнозувати загальні витрати, спричинені вибуттям (втратою) товару, та обчислити витрати на наступний період, щоб підрахувати необхідні інвестиції. Слід зазначити, що **літератури** на дану тематику є чимало, і серед неї варто було б виділити книгу “Практика економетрики” Ернеста Брендта.

Поставлена мета зумовила наступне **наукове завдання**:

- Розглянути декілька альтернативних підходів до моделювання і прогнозування вибуття товару та декілька моделей для прогнозування.
- Дослідити економетричний інструментарій, який доцільно застосовувати для аналізу інвестицій в основний капітал, буде включення моделі з розподіленими лагами (з авторегресією і ковзним середнім в залишках), а також аналіз статичних і динамічних прогностичних властивостей альтернативних моделей, що мають автокорельовані залишки.
- Після теоретичного дослідження можливостей моделювання розробити алгоритм програмного продукту, який має розраховувати відсоток вибуття основних запасів і прогнозувати необхідне інвестування, та зробити відповідні висновки з виконаної роботи.

Розділ 1

Теоретичні відомості

1.1 Основні позначення

I_t - величина валових інвестицій;

I_{nt} - величина чистих інвестицій;

S - норма вибуття інвестицій;

K_t - чисті основні фонди в момент часу t ;

λ_t - швидкість налаштування чистих основних фондів на бажане значення об'єму основних фондів;

Y_t - валова вартість випуску в момент часу t

T - термін (інтервал) служби обладнання;

μ - співвідношення капітал/випуск;

δ - коефіцієнт зношування основних фондів.

1.2 Основні означення

Для кращого розуміння і практичного застосування всіх моделей, які буде описано у другому розділі, варто спершу узгодити основні терміни предметної області, яка розглядається в роботі.

1.2.1 Основні фонди

Основні фонди [1] - це власність компанії (можливо й просто людини), яка має матеріальну цінність та яка не планується бути використаною чи реалізованою компанією протягом наступних дванадцяти місяців. Головна ідея основних фондів - отримання постійного прибутку. Можна виділити наступні види основних фондів: земельні території, транспортні засоби, будівлі, програмне забезпечення, комп'ютерне обладнання, машини, приладові пристрої.

Елементи основних фондів - товари довготривалого використання.

1.2.2 Інвестиції

Величина інвестицій з моменту часу τ до моменту часу t в основні фонди, наприклад, в закупівлю верстатів, будемо розглядати як $I_{t-\tau}$, тим самим визначаючи її залежність лише від часового інтервалу $t - \tau$. Зауважимо, що найчастіше моментами часу обирають річні квартали, і, відповідно, часовий інтервал вимірюється кількістю річних кварталів.

Норма вибуття інвестицій $S_{t,\tau}$, яка вважатиметься, як видно, залежною від моменту часу t та періоду τ , що минув з моменту інвестування, дозволяє оцінювати “залишкову” частину інвестування, яке було проведено раніше в часі (до моменту t):

$$K_{t,t-\tau} = S_{t,\tau} I_{t-\tau} \quad (1.1)$$

Зокрема, у випадку, коли обладнання можна подати у кількісних одиницях, наприклад, як кількість верстатів, всю залишкову частину на момент t (для

неї скористаємось позначенням K_t), а саме кількість усіх наявних на момент часу t верстатів, можна подати у вигляді:

$$K_t = \sum_{\tau=0}^T K_{t,t-\tau} = \sum_{\tau=0}^T S_{t,\tau} I_{t-\tau} \quad (1.2)$$

, де T - термін (інтервал) служби (“життя”) обладнання, у нашому випадку верстатів.

Ще раз нагадаємо, що найчастіше для відліку часу використовуються квартали, і у такому випадку T являє собою кількість річних інтервалів часу “експлуатаційного життя” верстата.

Обмеження за формулою (1.2) можуть проводитись окремо для різних типів основних фондів, наприклад, для різних типів верстатів.

Варто зазначити, що для прикладу з верстатами адекватною виглядає модель “однокінний фаєтон”. Ця модель заснована на припущенні, що одиниця обладнання (верстат) в експлуатації продукує один і той самий об’єм послуг за кожний період часу (“не втомлюється”), аж поки не вичерпається термін придатності верстата чи верстат не спишеться як непотрібний.

1.2.3 Чисті основні фонди

Чисті основні фонди - це показник, що дозволяє оцінювати чисту вартість основних фондів підприємства. Він розраховується, виходячи з припущення про постійно-експоненційне вибуття, та рівняння (1.2):

$$K_t = \sum_{\tau=0}^T K_{t,t-\tau} = \sum_{\tau=0}^T (1 - \delta)^\tau I_{t-\tau} \quad (1.3)$$

, де δ - коефіцієнт зношуваності основних фондів, який можна поррахувати поділивши амортизацію на первісну вартість основних фондів.

З огляду на те, що при постійно-експоненційному вибутті кількість послуг, що надаються обладнанням, наближається до нуля, але ніколи не дорівнює йому, впливає, що обладнання завжди є складовою основних фондів. З цим підходом пов'язують так званий метод вічних матеріально-виробничих запасів, для якого розрахунки проводяться із використанням формули:

$$K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + I_t \quad (1.4)$$

1.2.4 Амортизація основних фондів

Амортизація основних фондів - зниження вартості товару/обладнання, яке зумовлено старінням об'єктів з часом. Фінансовий успіх компанії у великій мірі залежить від правильного вибору методу амортизації, проте це не є його єдиною складовою. [4]

Наведено чотири основних методи обчислення амортизації:

1. Прямолінійний - метод, у якому сума амортизації, що застосовується, є однаковою кожного року. Якщо говорити точніше, то амортизована вартість ділиться на строк використання об'єкта основних фондів.
2. Подвійного зменшення залишку (DDB) - метод, у якому витрати на амортизацію збільшуються перші n років, а з n -го року лінійно зменшуються щороку.
3. Суми років (SYD) - метод, у якому спершу сумуються всі роки, коли об'єкт функціонує. Виходячи з отриманих результатів, у перші (початкові) роки на амортизацію списується менше, ніж у наступні.
4. Виробничий - метод, коли щороку витрати на амортизацію змінюються у відповідності до порівняння фактичного обсягу виробництва із загальними витратами на амортизацію.

1.2.5 Капітал, різниця між капіталом та основними фондами

Капітал - різновид ресурсів, які мають приносити додаткові ресурси і використовуються у роботі підприємства. Це джерело коштів для придбання активів, у той час як активи - це економічні ресурси, які використовуються підприємствами для здійснення виробничої та підприємницької діяльності. [5]

Власний капітал - власні кошти підприємства, отримані в результаті його діяльності.

Відмінність основних фондів, капіталу та власного капіталу полягає в наступному: основні фонди - це ресурси, якими володіє компанія та які мають матеріальну цінність. Очікується, що з роками вони мають зростати в ціні. Капітал - це кошти, які можуть бути швидко використаними для інвестицій з метою накопичення основних фондів, у той час як власний капітал - це матеріальна власність підприємства.

1.2.6 Чисті інвестиції

Чисті інвестиції [6] - це валові інвестиції мінус амортизаційні відрахування.

Співвідношення між валовими інвестиціями (I_t), чистими інвестиціями (I_{nt}) та амортизаційними відрахуваннями визначається формулою:

$$I_t = \text{амортизаційні відрахування} + I_{nt} \quad (1.5)$$

Нехай чисті основні фонди на момент $t-1$ позначаються як K_{t-1} , нехай далі K_t^* - бажаний об'єм основних фондів на момент t , а λ_t - швидкість налаштування K_{t-1} на бажане значення K_t^* . Тоді чисті інвестиції за t -ий період часу за визначенням є $\lambda_t (K_t^* - K_{t-1})$, а амортизаційні відрахування при припущенні експоненціальної швидкості зношування - δK_{t-1} .

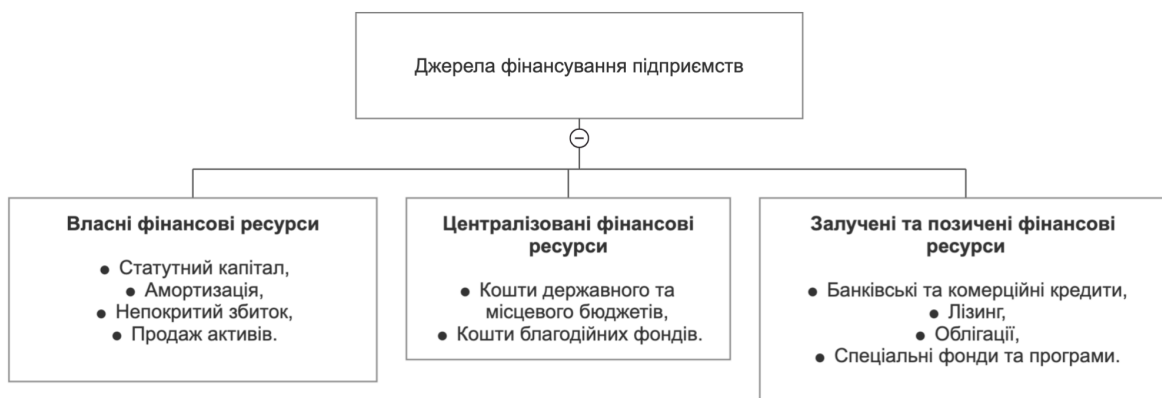
Отже, враховуючи формулу 1.5, маємо

$$I_t = \lambda(K_t^* - K_{t-1}) + \delta K_{t-1} = \lambda K_t^* + (\delta - \lambda)K_{t-1} \quad (1.6)$$

Саме формула (1.6) лежить в основі всіх п'ятьох моделей прогнозування інвестицій, які будуть розглянуті далі.

1.2.7 Основні джерела фінансування підприємств

Таблиця 1.1 Опис основних джерел фінансування підприємств



Грошовий потік підприємства - приріст коштів та їх еквівалентів, що є складовою активів підприємства, за деякий період часу, коли відбувається рух коштів (їх надходження чи виплати).

Внутрішній грошовий потік - це рух коштів в межах підприємства.

1.3 Висновки до першого розділу

У першому розділі було розглянуто основні означення, що будуть використовуватися в подальшій роботі, такі як основні фонди, грошовий потік, капітал. Також було досліджено різницю між капіталом та основними фондами, яка здебільшого полягає в тому, як компанія має поводитися з тими чи іншими видами ресурсів. Окрім того, було розглянуто основні джерела фінансування підприємств, види амортизації основних фондів. А також наведено та обґрунтовано формули для обрахунку норми вибуття інвестицій ($S_{t,\tau}$), валових інвестицій (I_t), чистих основних фондів (K_t), які є основою всіх моделей прогнозування інвестицій.

Розділ 2

Моделі

2.1 Загальне про моделі

Згідно з результатами дослідження Чарльза Халтена та Франка Вікоффа різних типів обладнання і споруд, у більшості випадках гіпотеза про експоненційне зношування спростовується за стандартними статистичними критеріями. Проте в дослідженнях інвестиційних збитків, зроблених останнім часом, ця гіпотеза використовується досить часто завдяки її простоті, зручності та більш точному опису кривої “вік-ціна”, що підходить для більшості обладнання. Саме тому в усіх наступних моделях буде застосована гіпотеза про експоненційне зношування та обраховано величину чистих основних фондів.

Слід зазначити, що всі моделі базуються на рівнянні (1.6) з додаванням випадкового відхилення, про яке буде зазначено нижче.

2.2 Стохастична специфікація

Якщо валові інвестиції (залежна змінна) в рівнянні (1.6) обраховані з похибкою, то лаговане (лаг [2] - яскраве проявлення в економетричних моделях з динамічними рядами впливу деякого фактора або факторів через певний період часу) значення основних фондів теж буде обраховуватись з похибкою. З цього випливає, що краще використовувати методи, які враховують наявність похибки для того, щоб отримати конзистентну оцінку даного рівняння. Необхідно також враховувати, що важливі змінні в

рівнянні (1.6) можуть бути випадково не включені в праву частину рівняння (забуті).

Альтернативним варіантом буде враховувати те, що існують й інші додаткові параметри, які впливають на об'єм інвестиції підприємства. Припустимо, що вони не відомі людині, яка аналізує дані, проте, очевидно, відомі підприємству. Тоді результат впливу всіх цих параметрів на об'єм інвестицій - випадкова величина з нормальним розподілом, дисперсією σ^2 та середнім значенням a . У випадку з випадково пропущеними змінними в правій частині рівняння (1.6), варто додати в нього випадкове відхилення u_t . [7]

Воно представляється у формі авторегресії першого порядку і задається рівнянням:

$$u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

, де $t \in [2, T]$, $|\rho| < 1$ і ε_t - випадкові незалежні залишки, що є однаково нормально розподіленими з середнім значенням 0 і дисперсією σ^2 .

2.3 Акселераторна модель

Однією з найбільш ранніх емпіричних моделей є акселераторна модель, основною особливістю якої є припущення незмінності відношення капітал/випуск. Тобто вплив решти економічних чинників, як, наприклад, рівнів цін, податків, процентних ставок тощо, на витрати капіталу напряду не враховуються.

Якщо μ ввести для позначення постійного відношення капітал/випуск, а Y_t - для позначення випуску в момент часу t (наприклад, квартал t), тоді в якості ключової характеристики акселераторної моделі зазвичай використовується рівняння

$$K_t^* = \mu Y_t \quad (2.2)$$

, де K_t^* ще уточнюють як так званий “оптимальний” капітал (в момент часу t).

2.3.1 Проста акселераторна модель

Проста акселераторна модель вважається найпростішою версією акселераторних моделей. Для неї додатково постулюється:

$$K_t = K_t^*$$

Тобто на кожному кроці (етапі) використовується “миттєва” налаштованість саме на оптимальний капітал K_t^* . Зауважимо, що подібна налаштованість на практиці застосовується далеко не завжди, часто шукають версії з більш “економними” витратами на інвестиції. [8]

Для наївної акселераторної моделі можна досить просто підрахувати чисті інвестиції (у момент часу t):

$$I_{nt} = K_t - K_{t-1} = K_t^* - K_{t-1}^* = \mu Y_t - \mu Y_{t-1} = \mu(Y_t - Y_{t-1}) \quad (2.3)$$

2.3.2 Гнучка акселераторна модель

Основна відмінність гнучкої акселераторної моделі від простої полягає як раз у відмові від “миттєвої” налаштованості. Натомість припускається, що налаштування чи корекція основних фондів є пропорційними різниці $K_t^* - K_{t-1}$ з фіксованим коефіцієнтом λ ($0 < \lambda < 1$):

$$I_{nt} = \lambda(K_t^* - K_{t-1}) \quad (2.4)$$

Останнє рівняння, скориставшись рівнянням 2.1, можна перетворити у таке:

$$I_{nt} = \lambda\mu Y_t - \lambda K_{t-1} \quad (2.5)$$

А оскільки за означенням $I_{nt} = K_t - K_{t-1}$, то маємо

$$K_t - K_{t-1} = \lambda\mu Y_t - \lambda K_{t-1} \quad (2.6)$$

або ж:

$$K_t = \lambda\mu Y_t + (1 - \lambda)K_{t-1} \quad (2.7)$$

Підставляючи в отримане рівняння послідовно K_{t-1} , за ним K_{t-2} , K_{t-3} тощо, можна отримати рівняння у вигляді з послідовними лагами Y_t , Y_{t-1} , Y_{t-2} тощо, що мають геометрично зменшувану вагу:

$$K_t = \mu [\lambda Y_t - \lambda(1 - \lambda)Y_{t-1} + \lambda(1 - \lambda)^2 Y_{t-2} + \dots] \quad (2.8)$$

Також корисною для аналітичних досліджень може бути і така форма рівняння:

$$\begin{aligned} K_t - K_{t-1} = \mu [\lambda(Y_t - Y_{t-1}) + \lambda(1 - \lambda)(Y_{t-1} - Y_{t-2}) + \\ + \lambda(1 - \lambda)^2(Y_{t-2} - Y_{t-3} + \dots)] \end{aligned} \quad (2.9)$$

Рівняння (2.5) стосувалось чистих інвестицій I_{nt} . Для валових інвестицій I_t треба додатково залучити амортизаційні відрахування. Наприклад, у випадку постійного геометричного зношування з коефіцієнтом δ матимемо:

$$I_t = I_{nt} + \delta K_{t-1} = \lambda \mu Y_t - \lambda K_{t-1} + \delta K_{t-1} = \lambda \mu Y_t + (\delta - \lambda) K_{t-1} \quad (2.10)$$

Отримана форма містить значення основних фондів K_{t-1} , яке на практиці важко оцінювати. Тому варто застосувати ще деякі перетворення рівняння.

Маємо:

$$I_t = \lambda \mu Y_t + (\delta - \lambda) K_{t-1}; \quad (2.11)$$

$$I_t = \lambda \mu Y_t + (\delta - \lambda) K_{t-2} \quad (2.12)$$

Домножимо обидві частини рівняння (2.12) на $(1 - \delta)$ і віднімемо від рівняння (2.11):

$$I_t - (1 - \delta)I_{t-1} = \mu\lambda Y_t - (1 - \delta)\mu\lambda Y_{t-1} + (\delta - \lambda)K_{t-1} - (\delta - \lambda)K_{t-2} \quad (2.13)$$

Зауважимо, що

$$\begin{aligned} (\delta - \lambda)K_{t-1} - (1 - \delta)(\delta - \lambda)K_{t-2} &= (\delta - \lambda)[K_{t-1} - (1 - \delta)K_{t-2}] = \\ &= (\delta - \lambda)I_{t-1}, \end{aligned} \quad (2.14)$$

оскільки

$$I_{t-1} = (K_{t-1} - K_{t-2}) + \delta K_{t-2}.$$

Тому

$$I_t - (1 - \delta)I_{t-1} = \mu\lambda Y_{t-1} + (1 - \delta)\mu\lambda Y_{t-1} + (\delta - \lambda)I_{t-1} \quad (2.15)$$

І, перенісши $(1 - \delta)I_{t-1}$ у праву частину рівняння та звівши подібні члени, матимемо:

$$I_t = \mu\lambda Y_t - (1 - \delta)\mu\lambda Y_{t-1} + (1 - \lambda)I_{t-1} \quad (2.16)$$

Коефіцієнт μ можна знайти за допомогою методу найменших квадратів, а далі, виходячи з цього, підрахувати й інші коефіцієнти λ та δ .

Як видно, для останнього рівняння вже немає потреби оцінювати основні фонди (K_{t-1}), натомість достатньо мати значення випусків (Y_t та Y_{t-1}).

2.3.3 Висновок про акселераторну модель

Багато економістів-теоретиків сьогодні стверджують, що акселераторна модель у будь-якому її вигляді та незалежно від вибору форми специфікації структури лагів не є найкращою з усіх моделей саме через її простоту. В той час, як інші стверджують, що на практиці саме завдяки простоті дана модель показує себе дуже добре і параметри, оцінені за допомогою акселераторної моделі, є найточнішими серед усіх моделей, оскільки вони містять в собі багато додаткових параметрів, таких як, наприклад, відсоткові ставки. [9]

У випадку з акселераторною моделлю, нам не потрібні дані про основний капітал, а значення темпу зносу не потрібно завдавати завчасно, а можна просто визначити за допомогою оцінки. Хоча виходячи суто з теоретичного бачення, акселераторна модель справді програє всім іншим.

2.3.4 Удосконалення акселераторної моделі

Інвестиційні наміри не завжди і не одразу можуть бути втіленими у реальні інвестиції, оскільки потребують проходження різноманітних

стадій, зокрема, планування, підписання контрактів, виконання замовлень тощо.

Тому доцільно розглядати модель, коли інвестиційні наміри можна умовно поділяти на більш гарантовані, з огляду на те, що вони стосуються попереднього періоду діяльності, та менш гарантовані, які стосуються моменту завершення поточного періоду діяльності компанії. [10]

З огляду на зазначене, варто ввести два різних коефіцієнти налаштування на оптимальний рівень: λ_1 та λ_2 , де λ_1 відповідає більш гарантованим інвестиціям, а λ_2 - менш гарантованим. Також доцільно орієнтуватись на співвідношення $\lambda_1 > \lambda_2$ (зрозуміло, як і для традиційного випадку вважатимемо $0 < \lambda_1 < 1$ та $0 < \lambda_2 < 1$).

Підрахуємо чисті інвестиції для запропонованої моделі:

$$I_{nt} = \lambda_2(K_t^* - K_{t-1}^*) + \lambda_1(K_{t-1}^* - K_{t-1}) \quad (2.17)$$

І оскільки $K_t^* = \mu Y_t$, $K_{t-1}^* = \mu Y_{t-1}$ та $I_{nt} = K_t - K_{t-1}$,

то матимемо

$$K_t - K_{t-1} = \lambda_2(\mu Y_t - \mu Y_{t-1}) + \lambda_1(\mu Y_{t-1} - K_{t-1}) \quad (2.18)$$

а також

$$K_t = \lambda_2 \mu Y_t + \mu(\lambda_1 - \lambda_2) Y_{t-1} + (1 - \lambda_1) K_{t-1} \quad (2.19)$$

Для отриманого рівняння можна отримати варіанти з послідовними лагами $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots$

$$\begin{aligned} K_t &= \lambda_2 \mu Y_t + \mu(\lambda_1 - \lambda_2) Y_{t-1} + (1 - \lambda_1) [\lambda_2 \mu Y_{t-1} + \mu(\lambda_1 - \lambda_2) Y_{t-2}] + \dots = \\ &= \lambda_2 \mu Y_t + \mu \lambda_1 (1 - \lambda_2) Y_{t-1} + \dots \end{aligned} \quad (2.20)$$

Для валових інвестицій у випадку постійного коефіцієнта зношування δ матимемо:

$$\begin{aligned} I_t = I_{nt} + \delta K_{t-1} &= \lambda_2 \mu Y_t + \mu(\lambda_1 - \lambda_2) Y_{t-1} - \lambda_1 K_{t-1} + \delta K_{t-1} = \\ &= \lambda_2 \mu Y_t + \mu(\lambda_1 - \lambda_2) Y_{t-1} + (\delta - \lambda_1) K_{t-1} \end{aligned} \quad (2.21)$$

2.4 Модель грошового потоку

Наявність фондів збагачує варіанти впливу на інвестування. При тому переважним джерелом інвестування використовується грошовий потік, а не, наприклад, варіанти зовнішнього фінансування шляхом залучення заємного капіталу чи додаткового випуску акцій.

У свою чергу внутрішній капітал залежить від отримуваного прибутку, а тому доцільно розглядати такі моделі, де б оптимальний рівень капіталу K^* залежав би не від рівня випуску, як в акселераторній моделі, а від рівня прибутку.

Такою є, наприклад, модель, яка запропонована Грюнфельдом, і яка ґрунтується на лінійній залежності K^* від очікуваного прибутку, котрий формально подається у вигляді ринкової вартості V фірм чи підприємств:

$$K_t^* = \alpha + \beta V_t \quad (2.22)$$

У відповідності з цим, рівняння (1.6) для інвестицій I_t набуває вигляду:

$$I_t = \alpha K_t^* + (\delta - \lambda)K_{t-1} = \lambda\alpha + \lambda\beta V_t + (\delta - \alpha)K_{t-1} \quad (2.23)$$

Видно, що ринкова вартість, а отже і грошовий потік, мають суттєвий вплив на інвестування.

Нагадаємо, що грошовий потік розглядається як різниця між прибутком та сумою витрат на податки, амортизацію та дивіденди.

Проте грошовий потік не є єдиним джерелом інвестування. Для фінансування можуть використовуватись зовнішні запозичення, але практика свідчить, що ефективність від такого типу фінансування виявляється набагато нижчою.

Ще одним варіантом фінансування може бути продаж акцій, але він може виявитись досить дорогим через те, що нові акціонери претендуватимуть на свою долю дивідендів, які, наприклад, за американським законодавством не є підставою для податкових вирахувань. [11]

Загалом, згідно моделі грошового потоку, в першу чергу фірма має забезпечувати фінансування з отриманих прибутків. І тільки коли внутрішній фінансовий потік вичерпується, фірма звертається до зовнішніх запозичень чи до емісії акцій. Загальний вид моделі грошового потоку набуває вигляду:

$$I_t = a + \sum_{t=0}^{m-1} b_t (F/J)_{t-1} + cK_{t-1} + u_t \quad (2.24)$$

2.5 Неокласична модель

2.5.1 Теоретичні характеристики неокласичної моделі

Економісти стверджують, що на оптимальну величину основних фондів впливає дуже багато різних факторів, проте як в акселераторній моделі, так і в моделі грошового потоку ці фактори не враховуються. Аналізуючи акселераторну модель зазначалось, що основним її обмеженням є припущення незмінності відношення капітал/випуск, з чого випливає, що такі фактори, як, наприклад, величина основного капіталу, підставити в праву частину рівняння (2.16) неможливо. Так само і в моделі грошового потоку з усіх факторів на оптимальну величину основних фондів впливає лише внутрішній грошовий потік. [12]

Характеристики оптимізаційної моделі поведінки підприємства:

1. Виробнича функція не враховує зовнішні фактори .
2. Немає зовнішніх обмежень.
3. Величина основних фондів залежить від відсоткових ставок, цін на капітал, випуску, податкової політики.

Неокласична модель як раз і ґрунтується на зазначеній оптимізаційній моделі поведінки.

Уведемо позначення:

P_t - вартість продукту в момент часу t ,

Y_t - об'єм випущеної продукції в момент часу t ,

L_t - кількість витраченої праці в годинах в момент часу t ,

c_t - вартість одиниці основних фондів в момент часу t ,

K_t - обсяг витрачених основних фондів в момент часу t .

Та припустимо, що співвідношення капітальні послуги / загальний об'єм основних фондів є постійним.

Тоді прибуток за t -ий період часу (π_t) за умови використання підприємством таких факторів, як капітал та праця, можна подати наступним чином:

$$\pi_t = P_t Y_t - w_t L_t - c_t K_t \quad (2.25)$$

$$Y_t = f(K_t, L_t) \quad (2.26)$$

Для аналізу можливостей максимізації прибутку π_t при наявності співвідношення (2.26) можна скористатись традиційною процедурою множників Лагранжа та отримати необхідні умови оптимальності для K_t і для P_t :

$$P_t \frac{dY_t}{dK_t} - c_t = 0, \text{ звідки } \frac{dY_t}{dK_t} = \frac{c_t}{P_t}; \quad (2.27)$$

$$P_t \frac{dY_t}{dL_t} - w_t = 0, \text{ звідки } \frac{dY_t}{dL_t} = \frac{w_t}{P_t} \quad (2.28)$$

Процес оптимізації поточної вартості основних фондів є досить складним, оскільки необхідно враховувати те, що строк придатності елементів основних фондів не є достовірно відомим, так само як і майбутні ціни на фактори виробництва. З цього випливає, що розв'язати дану проблему практичним шляхом майже неможливо. [13,14]

Ось чому Дейль Джоргенсон (економіст та професор Гарвардського університету) запропонував виходити з припущення про існування досконалого ринку для елементів основних фондів, що вже були у використанні, і факторів виробництва та випуску. По суті це означає, що, придбавши товари довготривалого використання, ви можете бути впевненими, що продасте їх на ринку вживаних активів за ціною, що дорівнює очікуваній кількості послуг, які ці товари можуть забезпечити до кінця строку служби. Тобто можна вважати, що фірми беруть ці товари “напрокат” одна у одної у конкретний момент часу, сплачуючи орендну плату за капітал (користувацькі витрати капіталу). [15]

Окрім того, Джоргенсон припустив, що фізичне зношування продуктів виробництва є експоненційно залежним і що об'єм реальних інвестицій (K) дорівнює оптимальному об'єму основних фондів (K^*) без витрат.

Ці два припущення набагато спрощують проблему оптимізації поточної вартості, і таким чином вона зводиться до проблем максимізації прибутку

за один проміжок часу t , шляхом обрання значень об'єму реальних інвестицій, кількості трудовитрат (в годинах) та реального випуску.

2.5.2 Неокласична модель Холла і Джоргенсона

Загалом рівняння (2.27) виступає основою неокласичної моделі інвестицій, як в цілому, так і для її окремих варіантів. Наприклад, Холл і Джоргенсон досліджували варіант, коли виробнича функція $f(K_t, L_t)$ подається у вигляді:

$$f(K_t, L_t) = A \cdot K_t^\alpha \cdot L_t^\beta$$

з умовою $\alpha + \beta = 1$.

Тобто у такому випадку маємо рівняння:

$$Y_t = A \cdot K_t^\alpha \cdot L_t^\beta \quad (2.28)$$

Якщо продиференціювати (2.28) по K_t , то можна отримати рівняння

$$\frac{dY_t}{dK_t} = A\alpha K_t^{\alpha-1} L_t^\beta$$

З огляду на рівняння (2.27) тоді можна записати

$$\frac{\alpha A K_t^{\alpha-1} L_t^\beta}{K_t} = \frac{c_t}{P_t}, \quad (2.29)$$

або

$$\frac{\alpha Y_t}{K_t} = \frac{c_t}{P_t} \quad (2.30)$$

З рівняння можна (2.30) знайти значення оптимального капіталу K_t^* , а саме

$$K_t^* = \frac{\alpha Y_t P_t}{c_t}, \quad (2.31)$$

при умові використання так званого “миттєвого” налаштування, тобто коли $K_t^* = K_t$.

2.5.3 Практична реалізація неокласичної моделі

Попри те, що неокласична модель враховує всі необхідні фактори, є теоретично досконалою й оптимально розраховує величину основних фондів, на практиці ж вона не раціонально пояснює інвестиції. А до сьогодення практичне застосування даної моделі вимагає включення в неї спеціального налаштування K на K^* , а швидкість налаштування λ_t є змінною, для якої значення підбираються “вручну” при загальній оптимізації поведінки підприємства. [17,18]

Це означає, що неокласична модель скоріше є моделлю оптимального капіталу, а не інвестицій, а отже базується не на теорії оптимізації, а на індивідуальному застосуванні в кожному конкретному випадку. Окрім того, для практичного застосування неокласичної моделі необхідно

задавати багато додаткових змінних, таких як податки, приріст капіталу, відсоткова ставка, що викликає багато проблем.

2.6 Тобіновська q-модель

По суті Тобіновська q-модель є узагальненням моделі грошового потоку, в якій чисті інвестиції залежать від відношення q (амортизаційна вартість активів підприємства), а саме ринкова вартість активів капіталу підприємства / амортизаційна цінність активів. Окрім того, дана модель дуже нагадує неокласичну модель. [19]

Розглянемо, як може змінюватися значення q в залежності від ситуації.

$q > 1$, якщо підприємство приносить прибуток і при додаванні хоча б однієї грошової одиниці до запасу продукції та обладнання, то прибуток підприємства збільшиться більше, ніж на одну грошову одиницю. У даному випадку підприємство має інвестувати в обладнання або приміщення до тих пір, поки q не дорівнюватиме одиниці (що означає поки приріст витрат на обладнання не зрівняється з приростом ринкової вартості).

$q < 1$, якщо вже було зроблено досить багато інвестицій в обладнання так, що при подальших інвестиціях при додаванні однієї грошової одиниці, ринкова вартість збільшиться менше, ніж на одиницю. У такому випадку, підприємству не потрібно вкладати більше грошей в обладнання або приміщення, а для акціонерів вигідніше буде, якщо продати частину основних фондів підприємства.

Із зазначеного вище можна дійти до висновків, що якщо q не дорівнює 1, то підприємство має збільшити (при $q > 1$), або зменшити ($q < 1$) об'єм інвестицій в основні фонди, з чого випливає наступне рівняння:

$$I_t = a + \sum_{j=0}^{m-1} b_j(q - 1)_{t-j} K_{t-j-1} + b_K K_{t-1} u_t, \text{ при } b_j > 0 \quad (2.32)$$

Лаговані значення q в Тобіновській q -моделі не означають затримки очікування, а означають лише затримки оформлення або замовлень.

q_t можна представити у вигляді ціни капіталу в момент часу t , поділену на користувацькі витрати в момент часу t :

$$q_t = \pi_t \div c_t \quad (2.33)$$

Таке означення q відрізняється від того, що було раніше тим, що тут його зазначено як співвідношення цін за один період.

Припустимо, що ціни на енергоносії стрімко підвищилися, тоді основні фонди підприємства дещо застаріли. Крім того, з'явився гарний шанс для інвестицій в енергоощадні установки. У даному випадку середнє значення q - менше, ніж 1, а межеве значення - більше.

З цього прикладу видно, що при практичному використанні q -моделі виникає проблема з тим, що отримане завдяки аналізу ринкової вартості підприємства та амортизаційної вартості її активів, отримане значення є

середнім значенням q , а не межовим. При використанні даної моделі також враховуються дуже багато різних факторів, як нематеріальні активи, доходи за цінними паперами тощо. Для коректного використання q -моделі необхідно прогнозувати тенденції фондового ринку, що є дуже складним процесом. Крім того, оцінки моделі дуже сильно відрізняються на кожному проміжку часу. І загалом, емпіричне значення q не завжди є правильним та коректним. [20]

2.7 Авторегресійна модель

На відміну від усіх попередніх моделей, в авторегресійній моделі ціни, податки, грошовий потік, випуск - це фактори, що безпосередньо впливають на інвестиційні витрати. У найпростішому представленні даної моделі інвестиції розглядаються як регресія по ряду попередніх інвестиційних витрат. Авторегресійна модель є найменш теоретично підкріпленою, проте економісти дуже часто використовують її на практиці, звівши до спрощеної форми рівнянь інвестицій:

$$I_t = a + \sum_{j=1}^m b_j I_{t-j} + u_t \quad (2.34)$$

Проте, з даного рівняння видно, що за допомогою нього неможливо розрахувати вплив економічної політики на інвестиції.

2.8 Порівняльна характеристика моделей

Річард Копке провів досить багато досліджень всіх моделей, згаданих у розділі 2, і нижче буде наведено порівняльну характеристику п'яти моделей на основі першого дослідження Копке. [21]

2.8.1 Спільна характеристика моделей

Зі спільних характеристик всіх моделей можна виділити те, що залишки кожної з них є авторегресивними високого порядку. Це впливає на точність налаштування при оцінюванні.

2.8.2 Довжина лагу

Довжина лагу зазвичай впливає на точність налаштування при оцінюванні (чим довше лаг - тим більша точність), проте це не завжди впливає на точність прогнозу.

Модель часових рядів має найменшу довжину лагу (в одному з досліджень навіть дорівнює 1). Акселераторна модель, модель грошового потоку та Тобіновська q-модель мають приблизно однакову довжину - в середньому 7. Найбільшу довжину лагу має неокласична модель, з середнім значенням 11, хоча іноді може досягати й 13. [22,23]

2.7.3 Відсоток помилок

Найбільший відсоток помилок був у моделі часових рядів, а далі за спаданням відсотка йдуть: акселераторна модель, модель грошового потоку, Тобіновська q-модель, неокласична модель.

Неокласична модель має найменший відсоток серед дуже великих залишків по обладнанню (понад два мільярди доларів). Тобіновська q-модель гарно працює для споруджень. Модель часових рядів має найбільший відсоток залишків серед усіх моделей для споряджень, так само як і для обладнання. [24]

2.8.4 Подальше дослідження

Провівши ще два експерименти, при якому всі моделі поводити себе абсолютно не так, як в першому випадку, Копке зробив висновок, що жодна з моделей не є кращою за інші і при різних вхідних даних проявляють себе по-різному. Хоча б один раз з усіх експериментів, кожна з моделей проявляла себе погано. Це означає, що для кожного окремого випадку будуть працювати різні моделі, а економетристи поки що не дійшли до висновку, яка з моделей є найкращою.

2.9 Інвестиційна модель для компанії з коротким періодом виробництва

Як вже відзначалося, інвестиційні наміри можуть втілюватись в реальні інвестиції далеко не одразу. Тому у випадку компанії з коротким періодом виробництва варто розглядати такий підхід, коли фіксується залежність чистих інвестицій від об'єму основних фондів не для поточного періоду, а для, наприклад, попереднього періоду $t - 1$, чи ще більш раннього - $t - m$ ($2 < m < t - 1$):

$$I_{nt} = \lambda(K_t^* - K_{t-m}) \quad (2.35)$$

Для валових інвестицій I_t при припущенні геометричної зношуваності з коефіцієнтом δ та відповідних амортизаційних відрахувань матимемо

$$I_{nt} = \lambda(K_t^* - K_{t-m}) + \delta m K_{t-m} \quad (2.36)$$

Припускається, що амортизаційні відрахування є регулярними стосовно періодів, а отже $K_t = K_{t-1} = \dots = K_{t-m}$, тобто завдяки регулярним амортизаційним відрахуванням основні фонди повністю відновлюються.

2.9.1 Інвестиції у випадку акселераторної моделі

У випадку застосування запропонованого підходу до акселераторної моделі матимемо наступне рівняння:

$$I_t = \lambda(\mu Y_t - K_{t-m}) + \delta m K_{t-m}, \quad (2.37)$$

або

$$I_t = \lambda \mu Y_t + (\delta m - \lambda) K_{t-m} \quad (2.38)$$

Варто зауважити, що чисті інвестиції фактично здійснюються один раз на m періодів (тактів) роботи компанії, а амортизаційні відрахування на кожен такт роботи. Таким чином, подібно рівнянню (2.38) можна записати

$$I_{t-m} = \lambda \mu Y_{t-m} + (\delta m - \lambda) K_{t-2m} \quad (2.39)$$

Домножимо рівняння (2.39) на $(1 - \delta m)$ та віднімемо від рівняння (2.38):

$$\begin{aligned} I_t - (1 - \delta m)I_{t-m} &= \lambda \mu Y_t + (\delta m - \lambda)K_{t-m} - \lambda \mu Y_{t-m}(1 - \delta m) - \\ &- (\delta m - \lambda)K_{t-2m}(1 - \delta m) \end{aligned} \quad (2.39)$$

Праву частину рівняння (2.39) перетворимо наступним чином:

$$\lambda\mu Y_t + (\delta m - \lambda)[K_{t-m} - (1 - \delta m)K_{t-2m}] - \lambda\mu Y_{t-m}(1 - \delta m) \quad (2.40)$$

Розглянемо вираз у квадратних дужках:

$$K_{t-m} - (1 - \delta m)K_{t-2m} = (K_{t-m} - K_{t-2m}) + \delta m K_{t-2m} = I_{t-m},$$

оскільки різниця $K_{t-m} - K_{t-2m}$ є значенням чистої інвестиції для періоду з часу $t - 2m$ до часу $t - m$, а $\delta m K_{t-2m}$ є сумарними амортизаційними відрахуваннями за весь цей період.

З отриманого рівняння

$$I_t - (1 - \delta m)I_{t-m} = \lambda\mu Y_t + (\delta m - \lambda)I_{t-m} - \lambda\mu Y_{t-m}(1 - \delta m) \quad (2.41)$$

можна виразити I_t наступним чином:

$$I_t = \lambda\mu Y_t - \lambda\mu(1 - \delta m)Y_{t-m} + (1 - \lambda)I_{t-m} \quad (2.42)$$

Таким чином, отримали формулу для інвестицій, яка залежить від випуску, а не від важко оцінюваних основних фондів.

2.9.2 Інвестиції у випадку моделі грошового потоку

Нагадаємо, що моделі грошового потоку ґрунтується на припущенні залежності оптимального рівня капіталу K^* не від рівня випуску продукції (P), а від рівня прибутку чи ринкової вартості фірми (V). Так, у моделі Грюнфельда використовується лінійна залежність:

$$K^* = \alpha + \beta V \quad (2.43)$$

Виходячи із рівняння (2.37) можна, скориставшись (2.43), отримати для інвестицій наступну формулу

$$I_t = \lambda(K_t^* - K_{t-m}) + \delta m K_{t-m} = \lambda\alpha + \lambda\beta V_t + (\delta m - \lambda)K_{t-m} \quad (2.44)$$

Щодо отриманого рівняння, загалом, можна зробити ті ж самі зауваження, що і у випадку моделі Грюнфельда, зокрема, про вагомий вплив грошового потоку.

2.9.3 Використання інтегрованої моделі

Повертаючись до рівняння (2.44), можна додати зауваження щодо використання важко оцінюваного значення капіталу, а саме K_{t-m} .

Проте можна скористатись підходом, притаманним акселераторній моделі, коли припускається пропорційність $K^* = \mu P$. У такому випадку по суті ми маємо справу з інтегрованим варіантом двох моделей: моделі акселераторної і моделі грошового потоку, а отже для розрахунку інвестицій можна використовувати формулу (2.42), де вже відсутні значення капіталу, натомість використовуються значення випусків продукції.

Зрозуміло, що інтегрований варіант має місце при одночасному виконанні співвідношень

$$K^* = \alpha + \beta V \text{ та } K^* = \mu P$$

Таким чином, ринкова вартість фірми V та об'єм випуску P мають задовольняти рівнянню

$$\alpha + \beta V = \mu P \quad (2.45)$$

Отримане співвідношення (2.44) має слугувати підставою підбору чи перевірки коректності коефіцієнтів α , β та μ для використання в інтегрованій моделі.

2.10 Висновки до другого розділу

В другому розділі було розглянуто п'ять моделей для прогнозування інвестицій: акселераторну модель, модель грошового потоку, неокласичну модель, Тобіновську q-модель та авторегресійну модель. На основі дослідження Річарда Копке було проаналізовано спільні та відмінні характеристики кожної моделі та те, як по-різному моделі працюють на різних даних. Також інвестиції залежать від дуже багатьох факторів як внутрішніх, так і зовнішніх. Завдяки цьому можна зробити висновок, що жодна з моделей не є універсальною. Якщо одна модель добре проявила себе на одних даних, то не факт, що на інших даних вона спрацює так само добре. І для кожної галузі з певними своїми специфічними моментами будуть працювати різні моделі.

Окрім цього в даному розділі мною було запропоновано удосконалення акселераторної моделі, базуючись на поділі інвестицій на більш гарантовані (стосуються попереднього періоду діяльності) та менш гарантовані (стосуються поточного періоду діяльності).

Також мною було запропоновано підхід для прогнозування інвестицій для компанії з коротким періодом виробництва, на основі якого було виведено формули для розрахунку інвестицій для акселераторної моделі та моделі грошового потоку.

Розділ 3

Практична реалізація прогнозування інвестицій

3.1 Дані

3.1.1 Загальний опис

В практичній реалізації прогнозування інвестицій за допомогою акселераторної моделі та моделі грошового потоку будемо використовувати дані, зібрані Річардом Копке та Джоном Хоуліхе під час досліджень у галузі сільського господарства у США. Дана вибірка має 44 щоквартальних (за кожні 3 місяці) спостереження за 1976 - 1986 роки та містить дані про грошовий потік (F), індекс ціни для нових елементів основних фондів (J), реальні інвестиції в обладнання (I), чисті основні фонди (K), показник q (Q) (для Тобіновської q -моделі), коефіцієнт використання виробничих потужностей (U) та загальний обсяг випущеної продукції (Y).

1	Date	F	J	I	K	Q	U	Y	I
2	1/1/76	154936	0.56	181079	1467800	0.588519	0.763	2355000	
3	4/1/76	156420	0.572	183068	1473700	0.593102	0.77	2365500	
4	8/1/76	157832	0.58	187861	1479600	0.596627	0.777	2375600	
5	12/1/76	158328	0.59	192702	1485500	0.604006	0.787	2402900	
6	1/1/77	170492	0.596	207160	1491950	0.585401	0.8	2437600	
7	4/1/77	181264	0.609	212241	1498400	0.571789	0.815	2483700	
8	8/1/77	187588	0.62	216750	1504850	0.559626	0.821	2537800	
9	12/1/77	187632	6.38	226620	1511300	0.54944	0.822	2529800	
10	1/1/78	190132	0.649	228211	1519800	0.535091	0.818	2546700	
11	4/1/78	205788	0.667	243777	1528300	0.525552	0.84	2645400	
12	8/1/78	211240	0.688	247060	1536800	0.516224	0.851	2666000	
13	12/1/78	223068	0.71	252133	1545300	0.510327	0.86	2698700	
14	1/1/79	228168	0.73	260946	1555575	0.51001	0.859	2694600	
15	4/1/79	239040	0.751	256751	1565850	0.515308	0.85	2686300	
16	8/1/79	248736	0.774	261192	1576125	0.518907	0.841	2705400	
17	12/1/79	246988	0.788	256152	1586400	0.524244	0.833	2699100	
18	1/1/80	252232	0.809	257504	1597850	0.538556	0.826	2727400	
19	4/1/80	229808	0.829	237965	1609300	0.551374	0.78	2651800	
20	8/1/80	241612	0.845	236866	1620750	0.56507	0.771	2654100	
21	12/1/80	249300	0.864	239607	1632200	0.581025	0.793	2699300	
22	1/1/81	262848	0.891	244985	1645800	0.561538	0.795	2753800	
23	4/1/81	256784	0.913	245984	1659400	0.547266	0.793	2743800	
24	8/1/81	265680	0.943	249682	1673000	0.536933	0.79	2756000	
25	12/1/81	269352	0.974	244798	1686600	0.527588	0.753	2705400	
26	1/1/82	246760	0.995	235936	1697475	0.552429	0.724	2663800	
27	4/1/82	252220	1.003	224882	1708350	0.562107	0.708	2668900	
28	8/1/82	256912	1.007	218724	1719225	0.572161	0.698	2646000	
29	12/1/82	254792	0.995	214050	1730100	0.579551	0.682	2654100	
30	1/1/83	266456	0.986	213365	1736175	0.585112	0.702	2679500	
31	4/1/83	289108	0.972	225468	1742250	0.5945	0.725	2752300	
32	8/1/83	311716	0.975	238083	1748325	0.60506	0.758	2795100	
33	12/1/83	318992	0.968	258780	1754400	0.619832	0.774	2853200	
34	1/1/84	327684	0.971	260889	1764575	0.619489	0.799	2934400	
35	4/1/84	331148	0.985	278237	1774750	0.62019	0.806	2977900	
36	8/1/84	330784	0.99	284207	1784925	0.619138	0.811	2994500	
37	12/1/84	337440	0.995	300102	1795100	0.622443	0.806	3006300	
38	1/1/85	339864	1.006	292754	1807150	0.655171	0.802	3034800	
39	4/1/85	348748	1.013	308879	1819200	0.678161	0.802	3054800	
40	8/1/85	359092	1.018	310851	1831250	0.702245	0.801	3090800	
..									

Рисунок 3.1 - Дані для практичної реалізації

Розділимо дані на дві частини: дані за період 1976 (1 квартал) - 1985 (3 період) роки візьмемо для практичного дослідження, а за період 1985(4

квартал) - 1986 роки будемо використовувати для тестування отриманих результатів.

1	Date	F	J	I	K	U	Q	Y
2	12/1/85	364496	1.032	324497	1843300	0.799	0.730517	3105400
3	1/1/86	345220	1.044	309699	1849600	0.8	0.757614	3135800
4	4/1/86	345036	1.065	323941	1855900	0.795	0.780495	3146900
5	8/1/86	353512	1.078	324886	1862200	0.797	0.801413	3168000
6	12/1/86	363632	1.077	330067	1868500	0.798	0.826847	3179000
7								

Рисунок 3.2 - Дані для тестування

Також для зручності в подальшому практичному використанні введемо додаткові стовпчики з даними за попередній рік ($t - 1$) про інвестиції в об'єкти (I_p), загальний обсяг випущеної продукції (Y_p), чисті основні фонди (K_p) та грошовий потік поділений на індекс ціни для нових елементів основних фондів (FJ_p).

I_p	Y_p	FJ_p	K_p
179774	2302300	277356.63	1461900
181079	2355000	276671.43	1473700
183068	2365500	273461.54	1479600
187861	2375600	272124.14	1485500
192702	2402900	268352.54	1491950

Рисунок 3.3 - Додатково введені дані

3.1.2 Стаціонарність

Як видно з даного датасету, ми маємо справу з часовим рядом, тому доцільно перевірити їх на стаціонарність. Для цього використаємо тест Дікі-Фуллера, згідно з яким видно, що наш ряд є стаціонарним.

```

13 ▾ #=====
14 #Перевірка даних на стаціонарність
15 ▾ #=====
16
17 datamodel.ts = ts(datamodel[, -1], frequency = 4, start=c(1976, 1, 1))
18 plot(datamodel.ts)
19
20 adf.test(datamodel.ts)
21 #data: datamodel.ts.ts
22 ## Dickey-Fuller = -9.9714, Lag order = 5, p-value = 0.01
23 ## alternative hypothesis: stationary
24

```

Рисунок 3.4 - Перевірка даних на стаціонарність

3.2 Практична реалізація моделей

Для практичної реалізації на наявних даних було обрано акселераторну модель, удосконалену акселераторну модель та модель грошового потоку, оскільки інші моделі потребують введення додаткових параметрів та даних, які не є наявними. Всі моделювання були зроблені за допомогою мови програмування R.

3.2.1 Практична реалізація акселераторної моделі

Для практичної реалізації прогнозування інвестицій за допомогою акселераторної моделі будемо використовувати формулу (2.16), де спершу необхідно оцінити коефіцієнти μ , λ та δ . Для цього використовуємо функцію `optim`, яка дозволяє оптимізувати функції.

У результаті отримали, що для наших даних $\mu = 0.45889109$, $\lambda = -0.08847548$ та $\delta = 0.15554462$.

```

34 #par[1]=lamda, par[2]=mu, par[3]=delta
35 accelerator <- function(datamodel, par) {
36   with(datamodel, sum((par[2]*par[1]*datamodel$Y-(1-par[3])*
37     par[2]*par[1]*datamodel$Yp+(1-par[1])*datamodel$I)-datamodel$I)^2)
38 }
39
40 optim(par = c(0.1,0.4,0.1),
41       fn = accelerator,
42       data = datamodel)
43
44 #par
45 # [1] 0.08847548 -0.45889109 0.15554462
46
47 #value
48 # [1] 19.58068
49
50 #counts
51 #function gradient
52 #75 NA
53
54 #convergence
55 # [1] 0
56
57 #message
58 #NULL
59
60 lamda<--0.08847548
61 mu<--0.45889109
62 delta<--0.15554462

```

Рисунок 3.5 - Оцінювання коефіцієнтів для
акселераторної моделі

Далі підставляємо отримані значення для перевірки функції на тестових даних.

```

69 ▾ #=====
70 #4 період 1985 року
71 testmodel[1,]
72 y1<-testmodel[1,6]
73 #[1] 3105400
74 y1_p<-testmodel[1,8]
75 #[1] 3090800
76 i1_p<-testmodel[1,7]
77 #[1] 310851
78 I1<-testmodel[1,4]
79 #[1] 324497
80 I1_predicted<-mu*lamda*y1-(1-delta)*mu*lamda*y1_p+(1-lamda)*i1_p
81 #[1] 325241.9
82
83 ▾ #=====
84 #1 період 1986 року
85 testmodel[2,]
86 y2<-testmodel[2,6]
87 #[1] 3135800
88 y2_p<-testmodel[2,8]
89 #[1] 3105400
90 i2_p<-testmodel[2,7]
91 #[1] 324497
92 I2<-testmodel[2,4]
93 #[1] 309699
94 I2_predicted<-mu*lamda*y2-(1-delta)*mu*lamda*y2_p+(1-lamda)*i2_p
95 #[1] 308361.5
96
97 ▾ #=====
98 #2 період 1986 року
99 testmodel[3,]
100 y3<-testmodel[3,6]
101 #[1] 3146900
102 y3_p<-testmodel[3,8]
103 #[1] 3135800
104 i3_p<-testmodel[3,7]
105 #[1] 309699
106 I3<-testmodel[3,4]
107 #[1] 323941
108 I3_predicted<-mu*lamda*y3-(1-delta)*mu*lamda*y3_p+(1-lamda)*i3_p
109 #[1] 321845.9

```

Рисунок 3.6 - Тестування акселераторної моделі

```

111 #=====
112 #3 період 1986 року
113 testmodel[4,]
114 y4<-testmodel[4,6]
115 #[1] 3168000
116 y4_p<-testmodel[4,8]
117 #[1] 3146900
118 i4_p<-testmodel[4,7]
119 #[1] 323941
120 I4<-testmodel[4,4]
121 #[1] 324886
122 I4_predicted<-mu*lamda*y4-(1-delta)*mu*lamda*y4_p+(1-lamda)*i4_p
123 #[1] 325871.8
124
125 #=====
126 #4 період 1986 року
127 testmodel[5,]
128 y5<-testmodel[5,6]
129 #[1] 3179000
130 y5_p<-testmodel[5,8]
131 #[1] 3168000
132 i5_p<-testmodel[5,7]
133 #[1] 324886
134 I5<-testmodel[5,4]
135 #[1] 330067
136 I5_predicted<-mu*lamda*y5-(1-delta)*mu*lamda*y5_p+(1-lamda)*i5_p
137 #[1] 329177.3

```

Рисунок 3.7 - Тестування акселераторної моделі

Реальні та обраховані інвестиційні витрати для зручності випишемо для порівняння в таблицю.

Таблиця 3.1 - Аналіз отриманих результатів для акселераторної моделі

Дата	Реальні інвестиції	Спрогнозовані інвестиції
12/1/1985	324497	325241.9
1/1/1986	309699	308361.5

4/1/1986	323941	321845.9
8/1/1986	324886	325871.8
12/1/1986	330067	329177.3

Видно, що для всіх п'яти тестів спрогнозовані інвестиції майже не відрізняються від реальних даних. Найгірше модель спрацювала для прогнозу інвестиційних витрат за четвертий період 1986 року, найкраще - за четвертий період 1985 року.

3.2.2 Практична реалізація удосконаленої акселераторної моделі

Так само, як і у випадку акселераторної моделі, ми маємо спершу оцінити коефіцієнти, проте тепер згідно з рівнянням (2.21) ми маємо оцінити коефіцієнти μ , λ_1 , λ_2 та δ . Використовуємо функцію optima і отримуємо

$$\mu = 0.43673375, \quad \lambda_1 = 0.08827136, \quad \lambda_2 = 0.20514209 \quad \text{та} \\ \delta = 0.04080072.$$

```

139 #=====
140 #Удосконалена акселераторна модель
141 #=====
142
143 #par[1]=lamda1, par[2]=mu, par[3]=delta, par[4]=lamda2
144 accelerator_modified <- function(datamodel, par) {
145   with(datamodel, sum((par[4]*par[2]*datamodel$Y+par[2]*(par[1]-par[4])*datamodel$Yp+
146     (par[3]-par[1])*datamodel$Kp)-datamodel$I)^2)
147 }
148 optim(par = c(0.1,0.4,0.1,0.1),
149       fn = accelerator_modified,
150       data = datamodel)
151 #par
152 #[1] 0.08827136 0.43673375 0.04080072 0.20514209
153
154 #value
155 #[1] 92329.96
156
157 #counts
158 #function gradient
159 #85      NA
160
161 #convergence
162 #[1] 0
163
164 #message
165 #NULL
166
167 lamda1_am<-0.08827136
168 lamda2_am<-0.20514209
169 mu_am<-0.43673375
170 delta_am<-0.04080072

```

Рисунок 3.8 - Оцінювання коефіцієнтів для удосконаленої акселераторної моделі

Далі підставляємо отримані значення для перевірки функції на тестових даних.

```

172 #=====
173 #Тестування удосконаленої акселераторної моделі на даних за 4 період 1985 - 4 період 1986 року
174 #=====
175
176 #4 період 1985 року
177 K_p1<-testmodel[1,10]
178 I1<-testmodel[1,4]
179 #[1] 324497
180 I1_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y1+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y1_p+(delta_am-lamda1_am)*K_p1
181 #[1] 323592.1
182
183 #=====
184 #1 період 1986 року
185 K_p2<-testmodel[2,10]
186 I2<-testmodel[2,4]
187 #[1] 309699
188 I2_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y2+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y2_p+(delta_am-lamda1_am)*K_p2
189 #[1] 309384.45
190
191 #=====
192 #2 період 1986 року
193 K_p3<-testmodel[3,10]
194 I3<-testmodel[3,4]
195 #[1] 323941
196 I3_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y3+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y3_p+(delta_am-lamda1_am)*K_p3
197 #[1] 322332.2
198
199 #=====
200 #3 період 1986 року
201 K_p4<-testmodel[4,10]
202 I4<-testmodel[4,4]
203 #[1] 324886
204 I4_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y4+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y4_p+(delta_am-lamda1_am)*K_p4
205 #[1] 324806.98
206
207 #=====
208 #4 період 1986 року
209 K_p5<-testmodel[5,10]
210 I5<-testmodel[5,4]
211 #[1] 330067
212 I5_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y5+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y5_p+(delta_am-lamda1_am)*K_p5
213 #[1] 331016.45
214

```

Рисунок 3.9 - Тестування удосконаленої акселераторної моделі

Реальні та обраховані інвестиційні витрати для зручності порівняння занесемо в таблицю.

Таблиця 3.2 - Аналіз отриманих результатів для удосконаленої акселераторної моделі

Дата	Реальні інвестиції	Розраховані інвестиції
------	--------------------	------------------------

12/1/1985	324497	323592.1
1/1/1986	309699	309384.45
4/1/1986	323941	322832.2
8/1/1986	324886	324806.98
12/1/1986	330067	331016.45

Видно, що для всіх п'яти тестів спрогнозовані інвестиції майже не відрізняються від реальних даних. Найгірше модель спрацювала для прогнозу інвестиційних витрат за четвертий період 1985 року, найкраще - за третій період 1986 року.

3.2.3 Практична реалізація моделі грошового потоку

Для прогнозу інвестицій за допомогою моделі грошового потоку використовуємо рівняння (2.24). В даному випадку нам треба за допомогою функції `optima` оцінити коефіцієнти a , c та b . Скориставшись функцією `optima`, можна отримати

$a = 0.221627540$, $b = -0.003879463$, $c = 0.174306395$.

```

215 #=====
216 #Модель грошового потоку
217 #=====
218
219 #par[1]=a, par[2]=bi, par[3]=c
220 cashflow <- function(datamodel, par) {
221   with(datamodel, sum((par[1]+sum(par[2]*(datamodel$FJp))+par[3]*
222     datamodel$Kp+datamodel$U)-datamodel$I)^2)
223 }
224
225 optim(par = c(0.1,0.4,0.1),
226       fn = cashflow,
227       data = datamodel)
228
229 #par
230 # [1] 0.221627540 -0.003879463 0.174306395
231
232 #value
233 # [1] 355294470
234
235 #counts
236 #function gradient
237 #74 NA
238
239 #convergence
240 # [1] 0
241
242 #message
243 #NULL
244
245 a<-0.221627540
246 b<--0.003879463
247 c<-0.174306395

```

Рисунок 3.10 - Оцінювання коефіцієнтів для
моделі грошового потоку

Далі підставляємо отримані значення для перевірки функції на тестових даних.

```

253 FJ1<-testmodel[1,9]
254 U1<-testmodel[1,11]
255 I1<-testmodel[1,4]
256 #[1] 324497
257 I1_predicted_c<-a+b*FJ1+c*K_p1+U1
258 #[1] 322931.1
259
260 #=====
261 #1 період 1986 року
262 FJ2<-testmodel[2,9]
263 U2<-testmodel[2,11]
264 I2<-testmodel[2,4]
265 #[1] 309699
266 I2_predicted_c<-a+b*FJ2+c*K_p2+U2
267 #[1] 310125.3
268
269 #=====
270 #2 період 1986 року
271 FJ3<-testmodel[3,9]
272 U3<-testmodel[3,11]
273 I3<-testmodel[3,4]
274 #[1] 323941
275 I3_predicted_c<-a+b*FJ3+c*K_p3+U3
276 #[1] 322213.4
277
278 #=====
279 #3 період 1986 року
280 FJ4<-testmodel[4,9]
281 U4<-testmodel[4,11]
282 I4<-testmodel[4,4]
283 #[1] 324886
284 I4_predicted_c<-a+b*FJ4+c*K_p4+U4
285 #[1] 323337.5
286
287 #=====
288 #4 період 1986 року
289 FJ5<-testmodel[5,9]
290 U5<-testmodel[5,11]
291 I5<-testmodel[5,4]
292 #[1] 330067
293 I5_predicted_c<-a+b*FJ5+c*K_p5+U5
294 #[1] 329420.3

```

Рисунок 3.11 - Тестування моделі грошового потоку

Реальні та обраховані інвестиційні витрати для зручності порівняння випишемо в таблицю.

Таблиця 3.3 - Аналіз отриманих результатів моделі грошового потоку

Дата	Реальні інвестиції	Розраховані інвестиції
------	--------------------	------------------------

12/1/1985	324497	322931.1
1/1/1986	309699	310125.3
4/1/1986	323941	322213.4
8/1/1986	324886	323337.5
12/1/1986	330067	331016.45

Видно, що для всіх п'яти тестів спрогнозовані інвестиції майже не відрізняються від реальних даних. Найгірше модель спрацювала для прогнозу інвестиційних витрат за четвертий період 1985 року, найкраще - за перший період 1986 року.

3.3 Порівняння моделей на основі отриманих результатів

Занесемо всі отримані результати для трьох моделей у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Порівняння моделей

Дата	Реальні інвестиції	Акселераторна модель	Удосконалена акселераторна модель	Модель грошового потoku
12/1/1985	324497	325241.9	323592.1	322931.1
1/1/1986	309699	308361.5	309384.45	310125.3
4/1/1986	323941	321845.9	322832.2	322213.4
8/1/1986	324886	325871.8	324806.98	323337.5
12/1/1986	330067	329177.3	331016.45	331016.45

Згідно з отриманими результатами, найгірше на наявних даних працює модель грошового потоку. Цікавим спостереженням є те, що всі моделі найгірше спрогнозували інвестиційні витрати за четвертий період 1985 року. Найкраще спрацювала удосконалена акселераторна модель, що означає, що поділ інвестицій на більш гарантовані (λ_1) та менш гарантовані (λ_2) справді покращило результати прогнозування інвестиційних витрат.

3.4 Висновки до третього розділу

В третьому розділі з огляду на наявні дані, зібрані Річардом Копке та Джоном Хоуліхе під час досліджень у галузі сільського господарства США, для прогнозування інвестиційних витрат було обрано та практично реалізовано акселераторну модель, удосконалену акселераторну модель та

модель грошового потоку. Для практичного дослідження було використано дані за 1976 - 3 період 1985 роки, для тестування було використано дані за 4 період 1985 - 1986 рок. Найкраще себе проявила удосконалена акселераторна модель, з чого випливає, що запропонована модифікація акселераторної моделі справді покращила можливості щодо прогнозування інвестицій. Найгірше себе проявила модель грошового потоку.

Висновки

Таким чином, при виконанні випускної роботи:

1. Досліджено основні моделі, що використовуються для прогнозування інвестицій.
2. З огляду на реалії втілення інвестиційних намірів було запропоновано та досліджено удосконалену акселераторну модель.
3. Враховуючи особливості інвестиційної політики для компаній із коротким періодом виробництва, запропоновано підхід для побудови відповідних моделей. На його основі запропоновано та досліджено модифіковані моделі, що ґрунтуються на:
 - класичній акселераторній моделі;
 - класичній моделі грошового потоку;
 - інтеграції класичних моделей акселераторної та грошового потоку.
4. Проведено практичну реалізацію для запропонованих моделей прогнозування інвестицій на реальному наборі даних та зіставлено отримані результати. Найкраще себе проявила удосконалена акселераторна модель.

Список літератури

1. Що таке основні фонди [електронний ресурс]
<https://dynamics.microsoft.com/zh-tw/business-central/what-is-fixed-asset-accounting/>
2. Моделі розподіленого лагу [електронний ресурс]
<https://studfile.net/preview/5163350/page:10/>
3. Берндт Э. Практика эконометрики: классика и современность, 2005, 848 с. 259 - 329
4. Abel, Andrew B., Empirical Investment Equations: An Integrative Framework, 1980
5. Abel, Andrew B. and Oliver Jean Blanchard , The Present Value of Profits and Cyclical Movements in Investment, Econometrica, 1986
6. Abel, Andrew B. and Olivier Jean Blanchard, Investment and Sales: Some Empirical Evidence, 1988
7. Alan J., Taxation, Corporate Financial Policy and the Cost of Capital, Journal of Economic Literature, 1983
8. Almon, Shirley, Lags between Investment Decisions and Their Causes. Review of Economics and Statistics, 1968
9. Ando, Albert K., Franco Modigliani, Robert Rasche. and Steven J. Turnovsky, On the Role of Expectations of Price and Technological Change in an Investment Function, International Economic Review, 1974
10. Berndt, Ernst R., Reconciling Alternative Estimates of the Elasticity of Substitution, Review of Economics and Statistics, 1976
11. Berndt, Ernst R. and Melvyn A. Fuss', Economic Capacity Utilization and Productivity Measurement for Multiproduct Firms with Multiple Quasi-Fixed Inputs, 1989
12. Bitros, George C. and Harry H. Kelejian, On the Variability of the Replacement Capital Stock: Some Evidence from Capital Scrappage, Review of Economics and Statistics, 1974
13. Ciccolo, John H Jr.. Money, Equity Values and Income, Journal of Money. Credit and Banking (1978)
14. Clark, Peter K., Investment in the 1970s: Theory, Performance and Prediction, Brookings Papers on Economic Activity (1979)

15. Dornbusch, Rudiger and Stanley Fischer, Macroeconomics. Fourth Edition
Diewert, W. Erwin, Aggregation Problems in the Measurement of Capital.
Chapter 8 (1987)
16. Fair, Ray C. Evaluating the Predictive Accuracy of Models, Chapter 33 in
Zvi Griliches and Michael D. Intriligator, eds., Handbook of Econometrics
(1986)
17. Gould, John P., Adjustment Costs in the Theory of Investment of the Firm,
Review of Economic Studies (1968)
18. Hayashi, Fumio, Tobin's Marginal q and Average q : A Neoclassical
Interpretation (1982)
19. Helliwell, John F. and G. Glorieux, Forward-Looking Investment Behaviour,
Review of Economic Studies (1970)
20. Jorgenson, Dale W., Econometric Studies of Investment Behavior: A
Survey, Journal of Economic Literature (1971)
21. Kopcke, Richard W., Forecasting Investment Spending: The Performance
of Statistical Models. New England Economic Review (1982)
22. Leeuw, Frank de., The Demand for Capital Goods by Manufacturers A
Study of Quarterly Time Series (1962)
23. Meyer, John R. and Edwin E. Kuh, The Investment Decision: An Empirical
Study, Cambridge (1957)
24. Nerlove, Marc, Lags in Economic Behavior, Econometrica (1972)
25. Nickell, Stephen J., The Investment Decisions of Firms (1978)
26. Poterba, James M. and Lawrence H. Summers, Dividend Taxes. Corporate
Investment, and « q », Journal of Public Economics (1983)
27. Salinger Michael A., Tobin's q . Unionization, and the Concentration-Profits
Relationship, Rand Journal of Economics (1984)
28. Theil, Henri, Applied Economic Forecasting (1966)
29. Wildasin, David, The q Theory of Investment with Many Capital Goods,
American Economic Review (1984)
30. Winfrey, Robert, Statistical Analyses of Industrial Property Retirement
(1935)

Додаток. Практична реалізація на R

```
datamodel <- read.table(file = "/Users/admin/Downloads/datamodels.csv", header = TRUE, sep = ",")
head(datamodel)
#Date    F    J    I    K    Y
#1 1/1/76 154936 0.560 181079 1467800 2355000
#2 4/1/76 156420 0.572 183068 1473700 2365500
#3 8/1/76 157832 0.580 187861 1479600 2375600
#4 12/1/76 158328 0.590 192702 1485500 2402900
#5 1/1/77 170492 0.596 207160 1491950 2437600
#6 4/1/77 181264 0.609 212241 1498400 2483700

#=====
#Перевірка даних на стаціонарність
#=====

datamodel.ts = ts(datamodel[, -1], frequency = 4, start=c(1976, 1, 1))
plot(datamodel.ts)

adf.test(datamodel.ts)
#data: datamodel.ts.ts
## Dickey-Fuller = -9.9714, Lag order = 5, p-value = 0.01
## alternative hypothesis: stationary

#=====
#Акселераторна модель
#=====

#par[1]=lamda, par[2]=mu, par[3]=delta
accelerator <- function(datamodel, par) {
  with(datamodel, sum((par[2]*par[1]*datamodel$Y-(1-par[3])*
    par[2]*par[1]*datamodel$Yp+(1-par[1])*datamodel$I)-datamodel$I)^2)
}

optim(par = c(0.1,0.4,0.1),
```

```

        fn = accelerator,
        data = datamodel)

#$par
#[1] 0.08847548 -0.45889109 0.15554462

#$value
#[1] 19.58068

#$counts
#function gradient
#75    NA

#$convergence
#[1] 0

#$message
#NULL

lamda<--0.08847548
mu<-0.45889109
delta<-0.15554462

#=====
#Тестування акселераторної моделі на даних за 4 період 1985 - 4 період 1986 року
#=====

testmodel <- read.table(file = "/Users/admin/Downloads/datatest.csv", header = TRUE, sep = ",")

#=====
#4 період 1985 року
testmodel[1,]
y1<-testmodel[1,6]
#[1] 3105400
y1_p<-testmodel[1,8]
#[1] 3090800
i1_p<-testmodel[1,7]
#[1] 310851

```

```

I1<-testmodel[1,4]
#[1] 324497
I1_predicted<-mu*lamda*y1-(1-delta)*mu*lamda*y1_p+(1-lamda)*i1_p
#[1] 325241.9

#=====
#1 період 1986 року
testmodel[2,]
y2<-testmodel[2,6]
#[1] 3135800
y2_p<-testmodel[2,8]
#[1] 3105400
i2_p<-testmodel[2,7]
#[1] 324497
I2<-testmodel[2,4]
#[1] 309699
I2_predicted<-mu*lamda*y2-(1-delta)*mu*lamda*y2_p+(1-lamda)*i2_p
#[1] 308361.5

#=====
#2 період 1986 року
testmodel[3,]
y3<-testmodel[3,6]
#[1] 3146900
y3_p<-testmodel[3,8]
#[1] 3135800
i3_p<-testmodel[3,7]
#[1] 309699
I3<-testmodel[3,4]
#[1] 323941
I3_predicted<-mu*lamda*y3-(1-delta)*mu*lamda*y3_p+(1-lamda)*i3_p
#[1] 321845.9

#=====
#3 період 1986 року
testmodel[4,]
y4<-testmodel[4,6]

```

```

#[1] 3168000
y4_p<-testmodel[4,8]
#[1] 3146900
i4_p<-testmodel[4,7]
#[1] 323941
I4<-testmodel[4,4]
#[1] 324886
I4_predicted<-mu*lamda*y4-(1-delta)*mu*lamda*y4_p+(1-lamda)*i4_p
#[1] 325871.8

#=====
#4 період 1986 року
testmodel[5,]
y5<-testmodel[5,6]
#[1] 3179000
y5_p<-testmodel[5,8]
#[1] 3168000
i5_p<-testmodel[5,7]
#[1] 324886
I5<-testmodel[5,4]
#[1] 330067
I5_predicted<-mu*lamda*y5-(1-delta)*mu*lamda*y5_p+(1-lamda)*i5_p
#[1] 329177.3

#=====
#Удосконалена акселераторна модель
#=====

#par[1]=lamda1, par[2]=mu, par[3]=delta, par[4]=lamda2
accelerator_modified <- function(datamodel, par) {
  with(datamodel, sum((par[4]*par[2]*datamodel$Y+par[2]*(par[1]-par[4])*datamodel$Yp+
    (par[3]-par[1])*datamodel$Kp)-datamodel$I)^2)
}
optim(par = c(0.1,0.4,0.1,0.1),
      fn = accelerator_modified,
      data = datamodel)
#$par

```

```
#[1] 0.08827136 0.43673375 0.04080072 0.20514209
```

```
#$value
```

```
#[1] 92329.96
```

```
#$counts
```

```
#function gradient
```

```
#85    NA
```

```
#$convergence
```

```
#[1] 0
```

```
#$message
```

```
#NULL
```

```
lamda1_am<-0.08827136
```

```
lamda2_am<-0.20514209
```

```
mu_am<-0.43673375
```

```
delta_am<-0.04080072
```

```
#=====
```

```
#Тестування удосконаленої акселераторної моделі на даних за 4 період 1985 - 4 період 1986 року
```

```
#=====
```

```
#4 період 1985 року
```

```
K_p1<-testmodel[1,10]
```

```
I1<-testmodel[1,4]
```

```
#[1] 324497
```

```
I1_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y1+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y1_p+(delta_am-lamda1_am)*K_p1
```

```
#[1] 323592.1
```

```
#=====
```

```
#1 період 1986 року
```

```
K_p2<-testmodel[2,10]
```

```
I2<-testmodel[2,4]
```

```

#[1] 309699
I2_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y2+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y2_p+(delta_am-lam
da1_am)*K_p2
#[1] 309384.45

#=====
#2 період 1986 року
K_p3<-testmodel[3,10]
I3<-testmodel[3,4]
#[1] 323941
I3_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y3+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y3_p+(delta_am-lam
da1_am)*K_p3
#[1] 322832.2

#=====
#3 період 1986 року
K_p4<-testmodel[4,10]
I4<-testmodel[4,4]
#[1] 324886
I4_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y4+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y4_p+(delta_am-lam
da1_am)*K_p4
#[1] 324806.98

#=====
#4 період 1986 року
K_p5<-testmodel[5,10]
I5<-testmodel[5,4]
#[1] 330067
I5_predicted_am<-lamda2_am*mu_am*y5+mu_am*(lamda1_am-lamda2_am)*y5_p+(delta_am-lam
da1_am)*K_p5
#[1] 331016.45

#=====
#Модель грошового потоку
#=====

#par[1]=a, par[2]=bi, par[3]=c

```

```

cashflow <- function(datamodel, par) {
  with(datamodel, sum((par[1]+sum(par[2]*(datamodel$FJp))+par[3]*
    datamodel$Kp+datamodel$U)-datamodel$I)^2)
}

optim(par = c(0.1,0.4,0.1),
  fn = cashflow,
  data = datamodel)

#$par
#[1] 0.221627540 -0.003879463 0.174306395

#$value
#[1] 355294470

#$counts
#function gradient
#74    NA

#$convergence
#[1] 0

#$message
#NULL

a<-0.221627540
b<--0.003879463
c<-0.174306395

#=====
#Тестування моделі грошового потоку на даних за 4 період 1985 - 4 період 1986 року
#=====

#4 період 1985 року
FJ1<-testmodel[1,9]
U1<-testmodel[1,11]
I1<-testmodel[1,4]
#[1] 324497

```

```
I1_predicted_c<-a+b*FJ1+c*K_p1+U1
```

```
#[1] 322931.1
```

```
#=====
```

```
#1 період 1986 року
```

```
FJ2<-testmodel[2,9]
```

```
U2<-testmodel[2,11]
```

```
I2<-testmodel[2,4]
```

```
#[1] 309699
```

```
I2_predicted_c<-a+b*FJ2+c*K_p2+U2
```

```
#[1] 310125.3
```

```
#=====
```

```
#2 період 1986 року
```

```
FJ3<-testmodel[3,9]
```

```
U3<-testmodel[3,11]
```

```
I3<-testmodel[3,4]
```

```
#[1] 323941
```

```
I3_predicted_c<-a+b*FJ3+c*K_p3+U3
```

```
#[1] 322213.4
```

```
#=====
```

```
#3 період 1986 року
```

```
FJ4<-testmodel[4,9]
```

```
U4<-testmodel[4,11]
```

```
I4<-testmodel[4,4]
```

```
#[1] 324886
```

```
I4_predicted_c<-a+b*FJ4+c*K_p4+U4
```

```
#[1] 323337.5
```

```
#=====
```

```
#4 період 1986 року
```

```
FJ5<-testmodel[5,9]
```

```
U5<-testmodel[5,11]
```

```
I5<-testmodel[5,4]
```

```
#[1] 330067
```

```
I5_predicted_c<-a+b*FJ5+c*K_p5+U5
```

#[1] 329420.3