

СИСТЕМА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ КРИТЕРІЇВ ПРИЙНЯТТЯ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ РІШЕНЬ

Навчально-методичний посібник

Схвалено
Міністерством аграрної політики України
для використання в навчально-виховному процесі
як навчально-методичний посібник
для підготовки фахівців напрямку 6.090103
“Лісове і садово-паркове господарство”
у вищих навчальних закладах II-IV рівнів акредитації
Міністерства аграрної політики України

**Київ
“Аграрна освіта”
2009**

УДК 504.062:658:630
ББК 43:20.1
Бл 68

Гриф надано Міністерством аграрної політики
України (лист від 8.12.2009 р. № 18-1-28/809)

Укладачі: к. е. н., доцент **Т.П. Блажкевич** (Житомирський національний агроекологічний університет); кандидат технічних наук, доцент **В.В. Волочков** (Житомирський національний агроекологічний університет); старший науковий співробітник Науково-методичного центру аграрної освіти Мінагрополітики України **Л.Д. Крамаренко**.

Рецензенти: к. с.-г. наук, доцент кафедри економіки та менеджменту лісових підприємств **І.Я. Олійник** (Національний лісотехнічний університет України); к. е. н., доцент кафедри загального лісівництва **Г.К. Приступа** (Житомирський національний агроекологічний університет); директор державного підприємства “Житомирське лісове господарство” **М.А. Степаненко**.

Бл 68 Блажкевич Т.П. Система еколого-економічних критеріїв прийняття лісгосподарських рішень : навч.-метод. посіб. / Блажкевич Т.П., Волочков В.В., Крамаренко Л.Д. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 169 с.

ISBN 978-966-7906-87-0

У навчально-методичному посібнику викладено загальні принципи, мету та завдання еколого-економічного обґрунтування лісгосподарських рішень, класифікацію критеріїв, основні вимоги до їх розрахунків.

Навчально-методичний матеріал підготовлений для забезпечення практичної підготовки і виконання індивідуально-розрахункових завдань самостійної роботи фахівців лісового та садово-паркового господарства під час вивчення навчальних дисциплін “Економіка природокористування”, “Планування виробництва в лісовому господарстві”, “Менеджмент у лісовому господарстві” і багатьох інших дисциплін будь-якої спеціальності. Навчально-методичний посібник може бути використаний під час виконання курсових робіт та на всіх етапах дипломного проектування як студентами всіх освітньо-кваліфікаційних рівнів, так і професорсько-викладацьким складом.

Окремі розділи і загальні положення будуть корисними для аспірантів і наукових працівників під час оформлення наукових звітів та дисертаційних робіт.

ББК 43:20.1

ISBN 978-966-7906-87-0

©Т.П. Блажкевич
©В.В. Волочков, ©Л.Д. Крамаренко

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	10
1. Загальні положення розрахунків.....	12
1.1. Актуальність, мета і завдання розрахунків.....	13
1.2. Визначення та класифікація критеріїв прийняття господарських рішень.....	13
2. Еколого-економічні критерії.....	16
3. Ігрові інформаційні критерії.....	21
4. Приклади застосування критеріїв.....	29
4.1. Застосування економічних критеріїв.....	29
4.1.1. Мінімум приведених витрат на обладнання.....	29
4.1.2. Мінімум приведених витрат на рубки догляду.....	29
4.1.3. Максимум річного доходу від реалізації продукції.....	30
4.1.4. Максимум еколого-економічного ефекту виробництва з погіршенням екологічного стану довкілля.....	30
4.1.5. Максимум еколого-економічного ефекту виробництва з покращанням екологічного стану довкілля.....	31
4.1.6. Максимум економічного ефекту рубок догляду з покращанням екологічного стану лісу.....	32
4.1.7. Оптимальний варіант модернізації схем рубок догляду.....	32
4.1.8. Максимум чистого приведенного доходу при пренумерандо грошових потоків.....	33
4.1.9. Максимум чистого приведенного доходу при постнумерандо грошових потоків.....	34
4.1.10. Оптимальний термін експлуатації трельовочної техніки.....	35
4.1.11. Оптимальний обсяг заготівлі деревини при незмінному попиті.....	35
4.1.12. Оптимальний обсяг заготівлі деревини при зростаючому попиті.....	36
4.1.13. Оптимальний обсяг заготівлі деревини при попиті, що зменшується.....	36
4.1.14. Оптимальний обсяг заготівлі деревини при зростаючих витратах.....	37
4.1.15. Оптимальний термін заготівлі деревини.....	37
4.1.16. Оптимальна ринкова ціна на деревину.....	38
4.1.17. Позитивний економічний ефект від зниження собівартості та питомих виробничих фондів лісового господарства.....	38
4.1.18. Позитивний економічний ефект від зміни виробничої програми лісового господарства.....	38
4.1.19. Позитивний економічний ефект від додаткових одноразових витрат в лісовому господарстві.....	39

4.1.20. Оптимальний вік заготівлі лісу за критерієм максимуму приведеного доходу	39
4.1.21. Позитивний економічний ефект від підвищення терміну експлуатації трактора МТЗ-82	40
4.1.22. Оптимальний порідний склад лісу у різному віці за критерієм максимуму приведенного доходу	41
4.1.23. Оптимальний порідний склад лісу у різному віці за критерієм мінімуму сумарного збитку	42
4.1.24. Позитивний економічний ефект заміни старого обладнання новим	44
4.1.25. Позитивний економічний ефект від покращання охорони праці	45
4.1.26. Позитивний еколого-економічний ефект від проведення заходів щодо боротьби із шкідниками лісу	45
4.1.27. Позитивний еколого-економічний ефект від підвищення якості продукції лісового господарства	46
4.1.28. Позитивний еколого-економічний ефект підвищення надійності обладнання переробки продукції лісового господарства	46
4.1.29. Позитивний економічний ефект реалізації програми зниження собівартості та підвищення продуктивності праці в лісовому господарстві	47
4.1.30. Позитивний економічний ефект використання комплекту навісних знарядь виробництва в лісовому господарстві	48
4.1.31. Позитивний еколого-економічний ефект розведення диких тварин	48
4.1.32. Позитивний еколого-економічний ефект застосування агрегатного обладнання в лісовому господарстві	49
4.1.33. Позитивний економічний ефект від заміни спеціального обладнання агрегатним	50
4.1.34. Позитивний економічний ефект від прискорення освоєння нової техніки	50
4.1.35. Позитивний економічний ефект від стандартизації матеріалів, які використовуються у виробництві лісогосподарської продукції	51
4.1.36. Позитивний економічний ефект від зміни міжремонтних термінів експлуатації машин	52
4.2. Застосування ігрових критеріїв	52
4.2.1. Максимум математичного очікування доходу (Байєса)	52
4.2.2. Мінімум математичного очікування збитку (Байєса)	53
4.2.3. Максимум математичного очікування ризику доходу (Бернуллі) ..	54
4.2.4. Мінімум математичного очікування ризику збитку (Бернуллі)	55
4.2.5. Максимум математичного очікування і мінімум дисперсії доходу (Байєса)	55

4.2.6. Максимум математичного очікування і мінімум коефіцієнта коваріації доходу (Байєса)	56
4.2.7. Мінімум математичного очікування і дисперсії збитку (Байєса)...	57
4.2.8. Мінімум математичного очікування і коефіцієнта коваріації збитку (Байєса)	58
4.2.9. Максимум математичного очікування і мінімум дисперсії ризику доходу (Бернуллі)	59
4.2.10. Максимум математичного очікування і мінімум коефіцієнта коваріації ризику доходу (Бернуллі)	60
4.2.11. Мінімум математичного очікування і дисперсії ризику збитку (Бернуллі)	61
4.2.12. Мінімум математичного очікування і коефіцієнта коваріації збитку (Бернуллі)	62
4.2.13. Модальний критерій максимуму доходу (Байєса)	63
4.2.14. Модальний критерій мінімуму збитку (Байєса)	64
4.2.15. Модальний критерій максимуму ризику доходу (Бернуллі)	64
4.2.16. Модальний критерій мінімуму ризику збитку (Бернуллі)	65
4.2.17. Критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу (Лапласа)	66
4.2.18. Критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки отримання доходу (Лапласа)	66
4.2.19. Критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку (Лапласа)	67
4.2.20. Критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки отримання збитку (Лапласа)	68
4.2.21. Критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу (Джеймса)	69
4.2.22. Критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки ризику доходу (Джеймса)	69
4.2.23. Критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку (Джеймса)	70
4.2.24. Критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки ризику збитку (Джеймса)	71
4.2.25. Зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу (Лапласа)	72
4.2.26. Зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки отримання доходу (Лапласа)	73

4.2.27. Зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку (Лапласа)	74
4.2.28. Зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки збитку (Лапласа)	74
4.2.29. Зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу (Джеймса)	75
4.2.30. Зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки ризику доходу (Джеймса)	76
4.2.31. Зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку (Джеймса).....	78
4.2.32. Зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки ризику збитку (Джеймса).....	79
4.2.33. Критерії найбільшого оптимізму, найбільшого песимізму та гарантованого доходу (Вальда).....	80
4.2.34. Критерії найбільшого оптимізму, найбільшого песимізму та гарантованого мінімуму збитку (Вальда)	81
4.2.35. Критерії найбільшого оптимізму, найбільшого песимізму та гарантованого ризику доходу (Севіджа).....	81
4.2.36. Критерії найбільшого оптимізму, найбільшого песимізму та гарантованого мінімуму ризику збитку (Севіджа)	83
4.3. Прийняття багатокритеріальних рішень	84
4.3.1. Складний критерій (Гурвіца) – гарантованого доходу (Вальда) та максимуму математичного очікування доходу (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища.....	84
4.3.2. Складний критерій (Гурвіца) – гарантованого мінімуму збитку (Вальда) та мінімуму математичного очікування збитку (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища	86
4.3.3. Складний критерій (Гурвіца) – гарантованого доходу (Вальда), максимуму математичного очікування доходу та мінімуму питомої похибки прийняття рішення (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища	88
4.3.4. Складний критерій (Гурвіца) – гарантованого мінімуму збитку (Вальда), мінімуму математичного очікування збитку та мінімуму питомої похибки прийняття рішення (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища.....	90
4.3.5. Складний критерій (Ходжеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа) та максимуму математичного очікування ризику доходу (Бернуллі), його залежність від стану навколишнього середовища	93
4.3.6 Складний критерій (Ходжеса) – гарантованого мінімуму ризику збитку (Севіджа) та мінімуму математичного очікування ризику збитку (Бернуллі), його залежність від стану навколишнього середовища	96

4.3.7 Складний критерій (Ходжеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа), максимуму математичного очікування ризику доходу та мінімуму питомої похибки прийняття рішення (Бернуллі), його залежність від стану навколишнього середовища	98
4.3.8. Складний критерій (Ходжеса) – гарантованого ризику збитку (Севіджа), мінімуму математичного очікування ризику збитку та мінімуму питомої похибки прийняття рішення (Бернуллі), його залежність від стану навколишнього середовища	101
4.3.9. Складний критерій (Гурвіца) – критерій гарантованого доходу (Вальда) та модальний критерій доходу (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища.....	104
4.3.10. Складний критерій (Гурвіца) – критерій гарантованого збитку (Вальда) та модальний критерій збитку (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища.....	105
4.3.11. Складний критерій (Ходжеса) – критерій гарантованого ризику доходу (Севіджа) та модальний критерій ризику доходу (Бернуллі), його залежність від стану навколишнього середовища	107
4.3.12. Складний критерій (Ходжеса) – критерій гарантованого ризику збитку (Севіджа) та модальний критерій ризику збитку (Бернуллі), його залежність від стану навколишнього середовища	110
4.3.13. Складний критерій (Лемана) – гарантованого доходу (Вальда) та недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу (Лапласа), його залежність від стану навколишнього середовища.....	112
4.3.14. Складний критерій (Лемана) – гарантованого збитку (Вальда) та недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку (Лапласа), його залежність від стану навколишнього середовища	114
4.3.15 Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа) та недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу (Джеймса), його залежність від стану навколишнього середовища	116
4.3.16. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику збитку (Севіджа) та недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку (Джеймса), його залежність від стану навколишнього середовища	118
4.3.17. Складний критерій (Лемана) – критерій гарантованого доходу (Вальда) та зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу (Лапласа), його залежність від стану навколишнього середовища	120

4.3.18. Складний критерій (Лемана) – критерій гарантованого збитку (Вальда) та зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку (Лапласа), його залежність від стану навколишнього середовища	122
4.3.19. Складний критерій (Менчеса) – критерій гарантованого ризику доходу (Севіджа) та зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу (Джеймса), його залежність від стану навколишнього середовища	125
4.3.20. Складний критерій (Менчеса) – критерій гарантованого ризику збитку (Севіджа) та зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку (Джеймса), його залежність від стану навколишнього середовища	127
4.3.21. Складний критерій (Лемана) – гарантованого доходу (Вальда) та найбільшого оптимізму отримання доходу, його залежність від стану навколишнього середовища	130
4.3.22. Складний критерій (Лемана) – гарантованого збитку (Вальда) та найбільшого оптимізму отримання збитку, його залежність від стану навколишнього середовища	131
4.3.23. Складний критерій (Лемана) – гарантованого доходу (Вальда) та найбільшого песимізму отримання доходу	133
4.3.24. Складний критерій (Лемана) – гарантованого збитку (Вальда) та найбільшого песимізму отримання збитку	133
4.3.25. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа) та найбільшого оптимізму отримання ризику доходу	134
4.3.26. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику збитку (Севіджа) та найбільшого оптимізму отримання ризику збитку	135
4.3.27. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа) та найбільшого песимізму отримання ризику доходу	136
4.3.28. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику збитку (Севіджа) та найбільшого песимізму отримання ризику збитку	138
4.3.29. Складний критерій – максимуму математичного очікування доходу та мінімуму математичного очікування збитку	139
4.3.30. Складний критерій – максимуму математичного очікування ризику доходу та мінімуму математичного очікування ризику збитку ...	140
4.3.31. Складний критерій оптимального планування виробництва однакових видів продукції в двох галузях за критеріями мінімуму математичного очікування збитку, гарантованого доходу та гарантованого збитку (Вальда)	142
4.3.32. Складний критерій оптимального планування виробництва однакових видів продукції в двох галузях за критерієм гарантованого збитку (Вальда)	143

4.3.33. Складний критерій оптимального планування виробництва продукції в двох галузях за критерієм згортки (Вальда)	144
4.3.34. Складний критерій оптимального планування виробництва різних видів продукції в трьох галузях за критерієм приведенного гарантованого ризику збитку (Севіджа).....	146
4.3.35. Складний критерій оптимального планування виробництва продукції в двох галузях за критеріями лінійного математичного програмування максимуму доходу	148
4.3.36. Складний критерій оптимального планування виробництва продукції в двох галузях за критеріями лінійного математичного програмування мінімуму збитків.....	148
5. Варіанти завдань на індивідуально-розрахункову роботу	150
Прийняті позначення та визначення термінів	
Список рекомендованої літератури	166

ПЕРЕДМОВА

Менеджменту у системі підготовки фахівців лісового господарства належить провідне місце щодо формування професійних якостей, компетентності, новаторського управлінського мислення. Однією із основних якостей сучасного менеджера лісового господарства є вміння приймати обґрунтовані, коректні, своєчасні професійні рішення в складних природних та ринкових умовах. Це спонукається тим, що від керівників сучасних підприємств лісового господарства вимагається високий рівень вміння професійного управління.

У навчально-методичному посібнику викладено загальні принципи, мету та завдання еколого-економічного обґрунтування лісогощодарських рішень, класифікацію критеріїв, основні вимоги до їх розрахунків.

Навчально-методичний матеріал подано для забезпечення практичної підготовки і виконання індивідуально-розрахункових завдань самостійної роботи фахівців лісового та садово-паркового господарства під час вивчення навчальних дисциплін “Економіка природо-користування”, “Планування виробництва в лісовому господарстві”, “Менеджмент у лісовому господарстві” і багатьох інших дисциплін будь-якої спеціальності з метою формування у майбутніх фахівців навичок приймати еколого-економічно обґрунтовані рішення. Для цього студенти повинні знати основи теорії управління складними системами, теорію ризику, теорію прийняття управлінських рішень та еколого-економічної оптимізації цих рішень.

Оскільки переважна більшість економічних процесів відбувається в умовах невизначеності, конфліктності та зумовленого ними ризику, то в основу розв’язання практичних завдань покладена теорія економічного ризику і методи його вимірювання [10]. Ризик є невід’ємною рисою діяльності людини, який із розвитком суспільства постійно модифікується і збагачується. Завданням сучасного менеджера є розширення та поглиблення знань про якісні та кількісні властивості економічних процесів у лісовому господарстві з метою врахування ризику під час досягнення кінцевих результатів.

Можна приймати рішення, які зменшують ризик, але слід чітко усвідомити, що повністю виключити ризик лісогощодарської діяльності неможливо в принципі, оскільки він існує за об’єктивними притаманними сучасній ринковій економіці категоріями конфліктності та невизначеності через відсутність вичерпної еколого-економічної інформації, неможливість точно прогнозувати наслідки прийнятих рішень. Отже, керувати ризиком у межах певних границь можна шляхом його зниження до прийнятних величин, знижуючи можливість збитку та збільшуючи можливість отримання достатнього прибутку за критеріями екологічної

економіки. Тому в першому розділі посібника визначено актуальність, мету і завдання розрахунків, класифікацію еколого-економічних критеріїв прийняття господарських рішень.

У другому розділі розглядаються визначення, зміст та методи застосування еколого-економічних критеріїв. У третьому розділі викладено основи теорії ігор та ігрові інформаційні критерії прийняття рішень у лісовому господарстві. Приклади застосування критеріїв наведено в четвертому розділі, де згідно з їх класифікацією окремо розглядається застосування економічних, інформаційних критеріїв та прийняття багатокритеріальних рішень. Такі приклади можуть розглядатися як довідковий матеріал та методичні поради до розв'язання варіантів завдань на індивідуально-розрахункову роботу, що наведено в п'ятому розділі. Роботу завершує словник прийнятих позначень та вживаних термінів.

Навчально-методичний посібник може бути використаний під час виконання курсових робіт та на всіх етапах дипломного проектування як студентами всіх освітньо-кваліфікаційних рівнів, так і професорсько-викладацьким складом.

Окремі розділи і загальні положення будуть корисними для аспірантів і наукових працівників під час оформлення наукових звітів та дисертаційних робіт.

Матеріали розробили: Л.Д. Крамаренко – передмова, підрозділ 1.1; Т.П. Блажкевич – розділи 1, 2, підрозділи 4.1., 4.2.; В.В. Волочков – розділ 3, підрозділи 4.3., розділ 5.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ РОЗРАХУНКІВ

1.1. Актуальність, мета і завдання розрахунків

Актуальність розрахунків полягає в тому, що:

1) кожен менеджер, тобто керівник лісового господарства, повинен відповідати певним вимогам щодо характеру, знань, умінь та навичок, найважливішими з яких є здатність вчасно приймати найбільш оптимальні рішення;

2) згідно з вимогами керівних документів [7] кожне рішення, проект, план, програма тощо повинні мати еколого-економічне обґрунтування з розрахунками відповідних показників, характеристик та критеріїв;

3) на жаль, багато фахівців лісового господарства, викладачів навчальних закладів недостатньо уваги приділяють еколого-економічному обґрунтуванню господарських рішень;

4) під час вивчення навчальних дисциплін “Економіка природокористування”, “Планування виробництва в лісовому господарстві”, “Менеджмент у лісовому господарстві ” передбачено виконання комплексної розрахункової роботи з обґрунтування інвестиційних проектів та інших рішень, що можуть прийматися в лісогосподарській діяльності.

Мета навчально-методичного посібника:

– на підставі того, що термін “економіка” означає будь-яку господарську діяльність, зокрема і лісогосподарську, довести необхідність формування у студентів знань, умінь та навичок еколого-економічного обґрунтування їх рішень у практичній діяльності (неможливо уявити, що бізнесмен, який також є менеджером, не може прогнозувати збитки і доходи внаслідок своїх рішень та дій);

– оскільки ліс має ту принципову особливість, що його стан тісно пов'язаний із екологічним станом місця, регіону, планети, то необхідно ув'язати екологічні та економічні проблеми, визначити узагальнені кількісні показники цих проблем, критерії їх оптимального вирішення на підставі теоретичної бази – екологічної економіки;

– дати студентам теоретичні основи та практичні рекомендації еколого-економічного обґрунтування господарських рішень шляхом розрахунку та аналізу показників, характеристик і параметрів ефективності лісогосподарської діяльності.

1.2. Визначення та класифікація критеріїв прийняття господарських рішень

Поняття “показник”, “характеристика”, “критерій” наочно демонструє наведений у таблиці 1 приклад результатів господарської діяльності державного підприємства “Вінницька лісова науково-дослідна станція” (ДП ВЛНДС), де позначено:

1) вихідні показники – витрати на ведення лісового господарства ($V_{л.г}$); ціна 1 м³ заготовленої деревини ($Ц_з$); ціна 1 м³ реалізованої деревини ($Ц_р$); собівартість продукції ($C_п$); середньооблікова чисельність в еквіваленті повної зайнятості робітників ($Ч_{с.о}$); фонд заробітної плати ($\Phi_{з.п}$);

Таблиця 1

Динаміка показників ведення лісового господарства
в ДП “Вінницька ЛНДС”

№ з/п	Показники	Позначення	Одиниця виміру	Роки		
				2004	2005	2006
1	Витрати на ведення лісового господарства	$V_{л.г}$	тис. грн	580,6	656,7	1019,5
2	Ціна 1 м ³ заготовленої деревини	$Ц_з$	грн	63	107	155
3	Ціна 1 м ³ реалізованої деревини	$Ц_р$	грн	83	120	155
4	Обсяг реалізації продукції	$O_{р.п}$	тис. грн	525,0	711,9	892,6
5	Собівартість продукції	$C_п$	тис. грн	511,9	678,1	886,0
6	Прибуток до оподаткування	$П_{н.о}$	тис. грн	13,1	33,8	6,6
7	Рентабельність	$R_п$	%	2,6	5	0,7
8	Середньооблікова чисельність в еквіваленті повної зайнятості	$Ч_{с.о}$	чол.	56	51	49
9	Фонд заробітної плати	$\Phi_{з.п}$	тис. грн	335,5	432,0	436,1
10	Середньомісячна заробітна плата	$З_{п.с.м}$	грн	581,0	706,0	808,0
11	Продуктивність праці	$ПР_п$	грн	9375	13727	19835

2) похідні показники – обсяг реалізації продукції $O_{P,П} = Ц_P \cdot B_{P,П}$, де $B_{P,П}$ – валовий обсяг реалізованої продукції; прибуток до оподаткування $\Pi_{H,O} = O_{P,П} - C_{П} = E$, де E – економічний ефект від реалізації продукції;

економічна ефективність виробництва продукції $E_{E,Ф} = O_{P,П} / C_{П}$, яка показує скільки отримано доходу (реалізовано продукції) на одну гривню собівартості;

рентабельність $R_{П} = \Pi_{H,O} / C_{П}$; продуктивність праці $PP_{П} = O_{P,П} / Ч_{C,O}$, інші розрахункові дані.

Крім наведених показників можна визначити: еколого-економічну ефективність $E_E = E - B_{Л,Г}$; фондоємність заробітної плати у обсязі реалізації $\Phi_{P,П} = \Phi_{З,П} / O_{P,П}$ або собівартості продукції $\Phi_{C,П} = \Phi_{З,П} / C_{П}$, інші похідні показники. Залежність одних еколого-економічних показників від інших визначають як характеристики, а залежність цих показників від часу – як динамічні характеристики.

На підставі аналізу показників та характеристик (табл. 1) можна зробити висновки:

1) ДП “Вінницька ЛНДС” є прибутковим підприємством з тенденцією подальшого розвитку, план випуску продукції, об’єм реалізації виконуються, не зважаючи на нестабільність цін та попиту;

2) за критеріями $E > 0$; $\Pi_{H,O} > 0$; $R_{П} > 0$ виробнича діяльність є прибутковою, а тому доцільною, однак еколого-економічна ефективність (E_E) є негативною через значні витрати на ведення лісового господарства ($B_{Л,Г}$) і невизначеність реальних доходів від покращання якості та продуктивності лісових ресурсів завдяки проведенню заходів лісовпорядкування, що може бути окремим напрямом подальших еколого-економічних досліджень;

3) еколого-економічна ефективність знижується також через значну фондоємність заробітної плати в обсязі реалізації ($\Phi_{P,П}$) або собівартості ($\Phi_{C,П}$) продукції, які складають 66 % та 64 % для 2004 р., 61 % та 64 % для 2005 р., 49 % та 50 % для 2006 р. відповідно. Наведені дані свідчать про стабільно значну фондоємність праці, що зменшує еколого-економічну ефективність виробництва продукції лісового господарства в ДП “Вінницька лісова науково-дослідна станція”.

Наведений приклад дозволяє стверджувати, що:

1) *показник* – це кількісна числова міра певної властивості об’єкта або результату господарської діяльності ($B_{Л,Г}$; $Ц_З$; $Ц_P$; ...);

2) *характеристика* – це залежність показника від часу або іншого показника ($O_{P,П}(Ц_P, \Phi_{P,П})$; $PP_{П}(O_{P,П}, Ч_{C,O})$; $\Phi_{P,П}(\Phi_{З,П}, O_{P,П})$; $B_{Л,Г}(t)$; $Ц_З(t)$; $Ц_P(t)$; ...);

3) *критерій* – це значення показника або характеристики, що дозволяє прийняти певне рішення ($E > 0$; $\Pi_{н.о} > 0$; $P_{п} > 0$; $C_{п} = \max$; $C_{п} = \min$; $\Pi_{н.о} = \max$; ...). Науковий і практичний досвід дозволяє навести наступну класифікацію критеріїв прийняття господарських рішень (рис. 1): економічні, що відображаються економічними показниками (прибуток, рентабельність, економічна ефективність тощо); натуральні, які визначаються натуральними показниками (валовий випуск продукції, обсяг рубок догляду, об'єм заготовленої деревини тощо); детерміновані, тобто не випадкові; стохастичні, що залежать від випадкових параметрів; порівняльні, які позначають знаками $>$ або $<$; екстремальні, що позначені знаками \max або \min ; ігрові, які мають окрему символіку; вихідні або першопочаткові; похідні параметри, що утворюються шляхом перетворення вихідних показників у специфічну систему критеріїв.

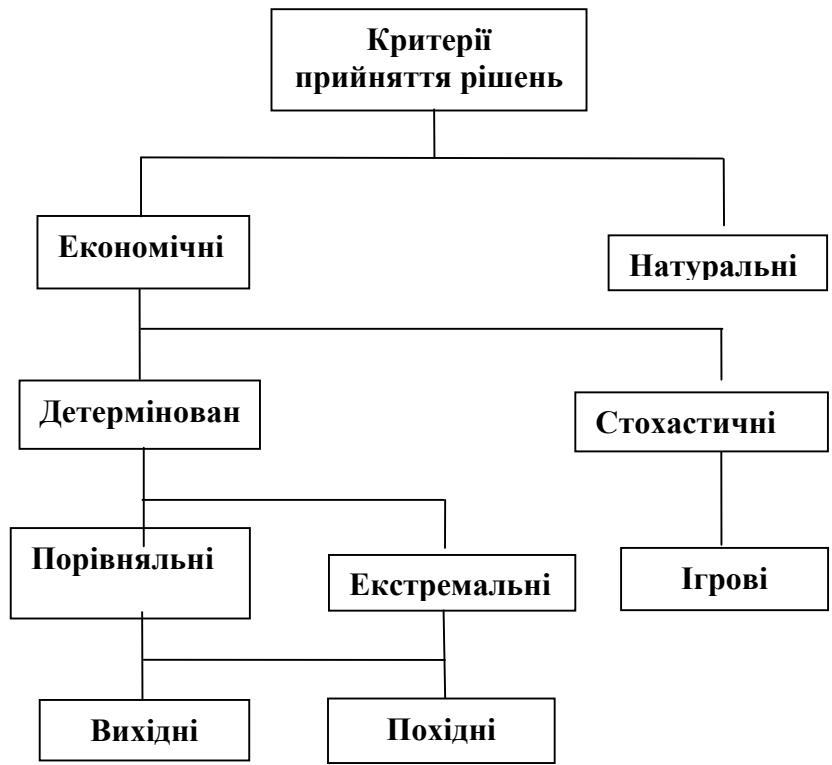


Рис.1. Класифікація критеріїв прийняття господарських рішень

2. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ КРИТЕРІЇ

Оскільки економічні показники відрізняються найбільшою узагальненістю, то в першу чергу розглядають саме цю групу критеріїв (табл. 2), які доводяться з наведених вище визначень. Прикладом застосування наведених критеріїв є алгоритм обґрунтування рішення застосування мінеральних добрив для підвищення продуктивності виробництва продукції рослинництва [3]. Однак принциповою відмінністю лісового господарства є великий термін освоєння капіталовкладень (інвестицій) через тривалий розвиток дерев – основного промислового ресурсу. Отже, для прийняття рішень в лісовому господарстві використовують дещо інші критерії [2], до яких відносять: позитивний чистий приведений дохід ($ЧПД > 0$); індекс доходності більше одиниці ($ІД > 1$); внутрішня норма доходності більше середньостатистичної для держави ($ВНД > q_d$); термін окупності більше терміну реалізації інвестиційного проекту ($T_{ок} > t_{р.п}$), розрахованих сумациєю отриманих економічних ефектів.

Таблиця 2

Економічні критерії прийняття господарських рішень

Порівняльні		Екстремальні	
вихідні	похідні	вихідні	похідні
$E > 0$	$O_{р.п} > C_{п}$	$B_{л.г} = \min$	$П_{н.о} = \max$
$E_E > 0$	$Ц_P > C_{п}$	$Ц_3 = \max$	$E = \max$
$П_{н.о} > 0$	$O_{р.п} < B_{р.п} \cdot Ц_P$	$Ц_P = \max$	$P_{п} = \max$
$E_{E\Phi} > 1$	$B_{р.п} > O_{р.п} / Ц_P$	$C_{п} = \min$	$E_E = \max$
		$ПР_{п} = \max$	$O_{р.п} = \max$
		$\Phi_{3.п} = \min$	$\Phi_{р.п} = \min$

Сумацию отриманих економічних ефектів за тривалий час експлуатації лісових ресурсів здійснюють за так званим методом “капіталізації”, згідно з яким купівельну ціну лісу визначають діленням щорічної орендної плати на середню відсоткову ставку, тобто орендна плата розглядається як відсоток з уявного капіталу (земля або будь-яке інше майно, що орендується, капіталізуються). Інколи капіталізацію трактують як сумацию оцінок ренти за нескінченну кількість років з урахуванням ефекту знецінення в часі згідно з загальноприйнятим положенням теорії ефективності капіталовкладень про нерівноцінність різночасових витрат і результатів. Цей ефект пояснюють тим, що капіталовкладення та інші витрати в більш пізніші терміни дають

можливість продуктивно використовувати їх на інші цілі господарської діяльності, де вони дадуть додатковий економічний ефект пропорційно деякому $E_k \approx 0,08 \dots 0,14$ – коефіцієнту капіталізації.

Дохід, отриманий з обороту капіталу, можна знову вкласти у виробництво і цей процес можна повторювати доти, поки всі кошти будуть направлені на цілі планових капіталовкладень, сума яких за t років буде

$$K_{\Sigma} = K_0 + K_1 + K_2 + \dots + K_t, \quad (1)$$

де K_0 , $K_1 = K_0 \cdot (1 + E_k)$, $K_2 = K_0 \cdot (1 + E_k)^2$, ..., $K_t = K_0 \cdot (1 + E_k)^t$ – початкові капіталовкладення, вартість капіталовкладень через рік, два роки і так далі через t років. Тобто маємо зростаючу геометричну прогресію зі знаменником $q = (1 + E_k)$, першим членом $a_1 = K_0$ та n -м членом $a_n = K_0 \cdot (1 + E_k)^t$, сума якої дорівнює

$$K_{\Sigma} = \frac{a_n \cdot q - a_1}{q - 1} = a_1 \cdot \frac{q^t - 1}{q - 1} = \frac{K_0}{E_k} \cdot [(1 + E_k)^t - 1] = K_0 \cdot \lambda_t \quad (2)$$

Якщо суму капітальних витрат за t років привести на перший рік, отримаємо спадаючу геометричну прогресію із знаменником $q = \frac{1}{1 + E_k}$,

першим членом $a_1 = K_0$, n -м членом $a_n = \frac{1}{(1 + E_k)^t}$ та сумою

$$K_{\Sigma n} = K_0 \left[1 + \frac{1}{1 + E_k} + \frac{1}{(1 + E_k)^2} + \dots + \frac{1}{(1 + E_k)^t} \right] = \frac{K_0 \cdot (1 + E_k)^t - 1}{E_k \cdot (1 + E_k)^t} = K_0 \cdot \lambda_{n,t} \quad (3)$$

При $t \rightarrow \infty$, $a_n \rightarrow 0$, тоді $K_{\Sigma n} = \frac{a_0}{1 - q} = \frac{K_0}{E_k} (1 + E_k)$ – граничне значення

сумарних продисконтованих капіталів. При $a_1 = \frac{K_0}{1 + E_k}$ будемо мати

$$K_{\Sigma n} = \frac{K_0}{E_k}$$

З наведених формул видно, що поточна оцінка різних видів природних ресурсів у методичному відношенні практично однотипна, в той час, як їх довгострокова оцінка має певні особливості, пов'язані з характером і терміном експлуатації та відновлення конкретного природного ресурсу, а отже, застосування різних коефіцієнтів фактора часу λ_t . При визначенні довгострокової економічної оцінки лісових ресурсів як незамінного засобу виробництва і життєдіяльності людини слід виходити з необхідності постійного отримання продукції, можливого лише за умови безперервного відновлення ресурсів лісу, про що йдеться при оцінці процесу капіталізації основних засобів лісокористування.

Другою принциповою відмінністю лісового господарства є те, що не кожен вид діяльності дає прибуток, наприклад, рубки догляду, і тому застосування критеріїв, наведених в таблиці 2, є проблематичним. Тому використовують наступну методику вибору варіантів схем механізації рубок догляду [9]:

1) розраховують кількість лісосік $n_l = Q_{p.d} / q_d \cdot S_l$, де $Q_{p.d}$ – річний обсяг рубок догляду, м³; q_d – запас деревини, м³/га; S_l – середня площа, га;

2) визначають кількість людино-днів, які витрачаються протягом року $A_\alpha = Q_{p.e} \cdot N_{p.b} / P_{dob}$, де $Q_{p.e}$ – річний об'єм виробництва, м³; $N_{p.b}$ – середня чисельність робітників у бригаді, чол.; P_{dob} – добове завдання бригади, м³;

3) оцінюють витрати часу на перебазування бригад з однієї лісосіки на іншу $A_\beta = T_{nb} \cdot N_{p.b} \cdot n_l \cdot Z_\beta$, де T_{nb} – час перебазування бригади на нову лісосіку, днів; Z_β – кількість бригад, які одночасно працюють на одній лісосіці;

4) визначають загальну кількість людино-днів, що витрачаються основними бригадами протягом року на виконання робіт із урахуванням перебазування $A_\Sigma = A_\alpha + A_\beta$;

5) визначають загальну кількість працюючих бригад $n_{n.b} = A_\Sigma / N_{p.b} \cdot D_{p.b}$, де $D_{p.b}$ – кількість днів роботи бригади на лісосіці;

6) оцінюють витрати на паливно-мастильні матеріали (ПММ) $P_M = Q_{PM} \cdot C_{PM}$, де Q_{PM} – витрати ПММ на добу за технічними характеристиками машин, кг; C_{PM} – вартість ПММ, грн/кг;

7) оцінюють вартість машино-зміни $B_{M.z} = C_p \cdot B_{B.M} \cdot A_H / m_3 \cdot D_{p.b} + P_M$, де $C_p = 1,3...1,4$ – коефіцієнт, що враховує поточні витрати на ремонт та обслуговування машин; $B_{B.M}$ – балансова вартість нової машини, грн; $A_H = 0,1...0,25$ – нормативний коефіцієнт амортизації лісогосподарської техніки; m_3 – число змін на добу;

8) розраховують продуктивність лісовозних автомобілів $P_{l.b} = T_{p.z} \cdot K_T \cdot Q_n \cdot K_k / (2 \cdot (l_{cp} / V_{cp} + l_{вс} / V_{cp}) + t_y + t_h + t_p)$, де $T_{p.z}$ – тривалість робочої зміни, годин; $K_T = 0,80...0,85$ – коефіцієнт використання робочого часу зміни; Q_n – корисне навантаження на автопоїзд, м³; $K_k = 0,9$ – коефіцієнт використання вантажопідйомності автопоїзда; l_{cp} – середня відстань вивезення деревини, км (визначається за схемами лісового масиву); V_{cp} – розрахункова швидкість автопоїзду, км/хв.; $l_{вс}$ – середня

довжина лісовозного вуса, км; t_y – час знаходження автопоїзда під навантаженням, хв; t_h – час холостої роботи, хв; t_p – час холостого пробігу, хв;

9) оцінюють розрахункову кількість автопоїздів $N_{a.p} = Q_{p.e} / P_{л.в} \cdot D_{p.б} \cdot m_3$.

Методика має практичне значення, але не є завершеною, оскільки немає чіткого однозначного критерію прийняття оптимального рішення. Тому у висновках буде багато суб'єктивізму та невизначеності. Звичайно у такому випадку застосовують критерій мінімального приведенного збитку $Z_{np} = (C_{p.д} \cdot B_{p.д} + E_n \cdot K_{p.д}) = \min$,

де $C_{p.д} = C_{з.н} + C_{ПММ} + C_{mp} + C_{a.в} + C_{в.д} + \dots$ – поточна вартість рубок догляду, грн/м³, яку складають заробітна плата робітників ($C_{з.н}$), вартість паливно-мастильних матеріалів ($C_{ПММ}$), вартість обслуговування транспорту (C_{mp}), амортизаційні відрахування ($C_{a.в}$), вартість вивезення деревини ($C_{в.д}$) тощо, котрі можна розраховувати за наведеною методикою;

$K_{p.д}$ – капітальні витрати на організацію рубок догляду за різними схемами як сума балансової вартості нових механізмів, машин та обладнання, грн;

$E_n = 1/T_n = 0,1\dots 0,125$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, 1/рік; T_n – нормативний термін освоєння капіталовкладень або термін служби машин, механізмів та обладнання (8...10) років;

$B_{p.д}$ – річний обсяг робіт з проведення рубок догляду, м³/рік.

Наприклад, для деяких варіантів схем проведення рубок догляду, основні економічні показники яких наведено в таблиці 3, приведені витрати будуть дорівнювати відповідно:

$$Z_{np.1} = 56,5 \cdot 11512,5 + 903882 / 10 = 704845 \text{ грн};$$

$$Z_{np.2} = 85 \cdot 7652,4 + 1361241 / 12 = 763890,75 \text{ грн};$$

$$Z_{np.3} = 55,7 \cdot 11677,8 + 891123 / 8 = 761843,83 \text{ грн.}$$

Отже, за критерієм мінімуму приведених збитків оптимальною буде перша схема рубок догляду і цей висновок є однозначним.

Таблиця 3

Економічні показники схем рубок догляду

Варіант (схема)	$C_{p.д}$ (грн/м ³)	$K_{p.д}$ (грн)	T_n (рік)	$B_{p.д}$ (м ³ /рік)
1	56,5	903882	10	11512,5
2	85	1361241	12	7652,4
3	55,7	891123	8	11677,8

За критерієм мінімуму приведених збитків на проведення заходів лісовпорядкування можна зняти невизначеність в деяких інших випадках, крім розглянутого. Наприклад, при виборі одного із двох варіантів схем рубок догляду за даними капіталовкладень $K_{p.\partial 1}$, $K_{p.\partial 2}$ та поточних витрат $C_{p.\partial 1}$, $C_{p.\partial 2}$ однозначне рішення на застосування варіанта 1 приймається при $K_{p.\partial 1} < K_{p.\partial 2}$ та $C_{p.\partial 1} < C_{p.\partial 2}$, а варіанта 2 – при $K_{p.\partial 1} > K_{p.\partial 2}$ та $C_{p.\partial 1} > C_{p.\partial 2}$ (табл. 4). Інші варіанти мають невизначеність, для усунення якої розраховують терміни окупності додаткових капіталовкладень за рахунок зменшення збитків $\tau_{ок1}$, $\tau_{ок2}$, а за критеріями $\tau_{ок1} < T_n$ або $\tau_{ок2} < T_n$ приймають рішення на користь першого або другого варіанта.

Таблиця 4

Система порівняльних критеріїв

Варіант 1	Невизначеність		Варіант 2
$K_{p.\partial 1} < K_{p.\partial 2}$ $C_{p.\partial 1} < C_{p.\partial 2}$	$K_{p.\partial 1} < K_{p.\partial 2}$ $C_{p.\partial 1} > C_{p.\partial 2}$	$K_{p.\partial 1} > K_{p.\partial 2}$ $C_{p.\partial 1} < C_{p.\partial 2}$	$K_{p.\partial 1} > K_{p.\partial 2}$ $C_{p.\partial 1} > C_{p.\partial 2}$
$\tau_{ок1} = \frac{K_{p.\partial 2} - K_{p.\partial 1}}{C_{p.\partial 1} - C_{p.\partial 2}} < T_n$		$\tau_{ок2} = \frac{K_{p.\partial 1} - K_{p.\partial 2}}{C_{p.\partial 2} - C_{p.\partial 1}} < T_n$	

Критерій мінімуму збитків на проведення заходів в лісовому господарстві застосовують для багатьох інших завдань оптимізації рішень, що приймаються. Наприклад, для визначення оптимального терміну використання машин, механізмів та обладнання використовують критерій:

$$(C_0 \cdot B_0 + E_n \cdot K_0 \cdot \lambda_{T_n}) \cdot t / T_n - C_t \cdot B_t + E_n \cdot K_0 \cdot \lambda_t = \max, \quad (4)$$

де C_0 , B_0 та K_0 – початкові значення витрат, продуктивності та капіталовкладень на проведення заходів лісокористування;

C_t , B_t – витрати та продуктивність лісокористування через t років; λ_{T_n} , λ_t – відповідні коефіцієнти фактора часу капіталізації вкладених грошових засобів.

Основним недоліком наведених критеріїв є неврахування завжди існуючої випадковості результатів господарської діяльності, що вимагає застосування специфічних методів обґрунтування господарських рішень на підставі так званих ігрових критеріїв.

3. ІГРОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ КРИТЕРІЇ

В будь-якому колективі людей із загальною цілеспрямованою діяльністю інтереси окремих осіб не співпадають – вони або прямо протилежні (антагоністичні, непримиримі), або розбіжні за окремими результатами, які кожен бажає отримати. Подібні ситуації виникають, наприклад, в спортивних змаганнях, арбітражних суперечках, лотереях, казино, стосунках з тваринним і рослинним світом – усьому житті будь-яких видів флори і фауни. Такі ситуації називають конфліктними, а взаємодію живих організмів в конфліктних ситуаціях називають конфліктами. Принциповою особливістю конфліктів (антагоністичних чи неантагоністичних) є те, що ефективність рішення кожного учасника цього процесу суттєво залежить від рішень або поведінки інших учасників, причому не один з цих учасників не може повністю контролювати конфліктну ситуацію, оскільки кожен приймає рішення в умовах невизначеності. Отже, теорією гри можна назвати математичну теорію конфліктних ситуацій у господарській діяльності, наприклад:

1) при визначенні об'єму випуску продукції одним підприємством обов'язково слід враховувати розмір випуску аналогічної продукції іншими підприємствами;

2) для кожного виробництва необхідні певні запаси ресурсів, недостатність яких веде до обмеженого випуску продукції і недоотримання доходу, а надлишок – до підвищення собівартості та зменшення можливого доходу;

3) якщо відходи виробництва розташовувати в навколишньому середовищі з метою зменшення витрат на їх утилізацію, зменшення собівартості продукції та підвищення доходу, то ці відходи можуть негативно впливати на якість продукції, зменшувати її ціну, попит на таку продукцію і, як наслідок, зменшувати дохід.

Рекомендації теорії гри мають сенс тільки тоді, коли конфлікти, що розглядаються, можуть природно або штучно виникати необмежену кількість разів, а дослідження конфліктів, що виникають один або декілька разів, є недоцільним. Для практичної реалізації та аналізу конфліктної ситуації необхідно дещо її спростити, враховуючи лише найважливіші фактори, які суттєво впливають на хід конфлікту. Отже, гра – це спрощена модель конфліктної ситуації, яка відрізняється від реального конфлікту тим, що здійснюється за певними правилами. Тому можна визначити, що гра – це сукупність правил можливих дій (ходів) учасників гри, а сутність гри полягає в тому, щоб кожний з учасників приймав такі рішення, які забезпечують найкращий остаточний результат, або певне значення деякої функції виграшу (платіжної функції) з кількісною мірою у балах, вартості чи інших одиницях виміру.

Величина функції виграшу залежить від обраної стратегії учасника – сукупності ходів (рішень) у кожній ситуації, що складається в процесі гри. Кожна гра може складатися з декількох партій – варіантів проведення етапу гри за власними або випадковими ходами, коли стратегія обрана свідомо або випадково, наприклад, гра в шахи свідомо, а “гра” з природою – випадкова. Залежно від кількості учасників, тривалості конфлікту, характеру розподілу результату (виграшу) конфлікти розподіляють (класифікують) на такі:

- парні, коли беруть участь два партнера або дві групи партнерів, і багатосторонні, якщо беруть участь більше двох партнерів;
- обмежені та нескінченні, коли кількість ходів в конфліктах обмежена і необмежена;
- безкоаліційні (некооперативні) і коаліційні (кооперативні), коли передбачається і не передбачається можливість скласти угоди про спільну діяльність партнерів;
- з нульовою і ненульовою сумою, коли загальний капітал партнерів не змінюється, а лише перерозподіляється після закінчення конфлікту, у зв’язку з чим сумарний виграш (результат) дорівнює нулю, і навпаки, в іграх з ненульовою сумою – сума виграшів учасників не дорівнює нулю;
- одноходові і багатходові ігри.

За видом функцій виграшу ігри розподіляють на матричні, безперервні, опуклі, сепарабельні тощо. Наприклад, в парних іграх функція виграшу може представлятися спільною матрицею або матрицями для кожного партнера (біматричні ігри). Залежно від того, безперервна чи дискретна, опукла чи багатоекстремальна, сепарабельна або несепарабельна функція виграшу – відповідною буде і сама гра. Крім того, багатходові ігри розподіляють на позиційні, стахостичні, диференційні залежно від відповідних властивостей функцій виграшу, а залежно від інформаційної ситуації існують ігри з повною або неповною інформацією.

Найпростішою вважають парну конфліктну ситуацію з нульовою сумою і чистими стратегіями, тобто стратегіями, що складаються з обмежених кількостей особистих (невипадкових) ходів (рішень). Припустимо, що учасник A може прийняти m чистих стратегій $(A_1 \dots A_m)$, а учасник B – n чистих стратегій $(B_1 \dots B_n)$. Для повного розв’язання конфлікту задамо правила:

- 1) кожній парі чистих стратегій $A_i, i \in \overline{1, m}$ та $B_j, j \in \overline{1, n}$ відповідає деяке число f_{ij} – плата або результат конфлікту;

2) якщо $f_{ij} < 0$ учасник A сплачує учаснику B суму $|f_{ij}|$ і навпаки, якщо $f_{ij} > 0$, учасник B сплачує учаснику A суму $|f_{ij}|$, тобто сума отриманих результатів учасниками A та B дорівнює нулю;

3) кожен учасник не знає, яку стратегію обрав партнер, але кожен вважає один одного розумним, тобто досвідченим з теорії гри. Мета кожного учасника – обрати найбільш корисну (оптимальну) стратегію і здобути максимальний виграш (доход) або мінімальний програш (збиток).

Таку гру або конфліктну ситуацію ще називають матричною, оскільки всі можливі результати конфлікту створюють прямокутну платіжну матрицю (табл. 5). Вважається, що учасники діють розумно, якщо намагаються завдати найбільшої шкоди партнеру, тобто максимально зменшити його дохід і збільшити збиток. Тому кожен буде намагатися обрати таку оптимальну стратегію, при дотриманні якої дохід не зменшиться, а збиток не збільшиться при будь-якій стратегії партнера.

Таблиця 5

Платіжна матриця парної гри в чистих стратегіях

$A_i \setminus B_j$	B_1	B_2	...	B_j	...	B_n	α_i
A_1	f_{11}	f_{12}	...	f_{1j}	...	f_{1n}	α_1
A_2	f_{21}	f_{22}	...	f_{2j}	...	f_{2n}	α_2

A_i	f_{i1}	f_{i2}	...	f_{ij}	...	f_{in}	α_i

A_m	f_{m1}	f_{m2}	...	f_{mj}	...	f_{mn}	α_m
β_j	β_1	β_2	...	β_j	...	β_n	

На підставі аналізу платіжної матриці партнер A буде міркувати так:

1) для того, щоб отримати максимальний дохід незалежно від дій партнера, необхідно обирати мінімальний дохід при кожному варіанті поведінки конкурента ($\alpha_i^+ = \min_{(j)} f_{ij}^+$) і з цих варіантів обирати максимальний ($\alpha_o^+ = \max_{(i)} \min_{(j)} f_{ij}^+$) – нижня границя чистого доходу в конфлікті (максимін);

2) для того, щоб забезпечити мінімальний збиток незалежно від дій партнера, необхідно обирати максимальні збитки при кожному варіанті поведінки конкурента ($\alpha_i^- = \max_{(j)} f_{ij}^-$) і з цих варіантів обирати мінімальний ($\alpha_o^- = \min_{(i)} \max_{(j)} f_{ij}^-$) – верхня границя чистого збитку в конфлікті

(мінімакс). Міркуючи аналогічно, партнер B отримує нижню границю чистого доходу – максимум $(\beta_o^+ = \max_{(j)} \min_{(i)} f_{ij}^+)$ та верхню границю чистого збитку – мінімакс $(\beta_o^- = \min_{(j)} \max_{(i)} f_{ij}^-)$. Легко довести, що при будь-якій комбінації індексів (i, j) виконуються умови: 1) $\alpha_i^+ \leq f_{ij} \leq \beta_o^-$; 2) $\alpha_o^- \geq f_{ij} \geq \beta_j^+$;

3) $\alpha_o^+ \leq \beta_o^-$; 4) $\alpha_o^- \geq \beta_o^+$; 5) при $\alpha_o^+ = \beta_o^-$ або $\alpha_o^- = \beta_o^+$ конфліктна ситуація має сідлову (рівноважну) точку з чистою ціною гри $Z^+ = \alpha_o^+ = \beta_o^-$ або $Z^- = \alpha_o^- = \beta_o^+$, яка дорівнює сідловому елементу. Значення і координати сідлового елемента $\{Z^+, \alpha_o^+, \beta_o^-\}$ або $\{Z^-, \alpha_o^-, \beta_o^+\}$ називають рішенням конфліктної ситуації, якщо воно існує. У випадках, коли рішень в чистих стратегіях не існує, то в статистичних іграх застосовують змішані стратегії та більш складні критерії.

Статистичними конфліктами називають парні ігри, в яких один партнер (людина, група людей), котрого називають статистик A , приймає рішення свідомо (не байдуже), а другий Π (природа, ринок) створює комплекс зовнішніх обставин – умов прийняття рішень першим партнером, незалежно від його поведінки, тобто байдуже до виграшу або програшу статистика. Оскільки статистик досконало не знає законів природи, він за спостереженнями визначає її стани $\Pi_1 \dots \Pi_n$ і, відповідно, обирає свої стратегії $A_1 \dots A_m$. Якщо для будь-яких комбінацій стратегій $(A_i, \Pi_j), i = \overline{1 \dots m}, j = \overline{1 \dots n}$ відомий результат f_{ij} (дохід або збиток), статистичну гру можна задати платіжною матрицею (табл. 6) з чистими (A_i, Π_j) або змішаними (α_i, P_j) стратегіями, де P_j – апріорні (відомі заздалегідь) або апостеріорні (визначені з досвіду) ймовірності станів природи (навколишнього середовища) з властивостями: $0 \leq P_j \leq 1, j \in \overline{1, n}$;

$$\sum_{(j)} P_j = 1.$$

Таблиця 6

Платіжна матриця парної статистичної гри

$A_i \setminus \Pi_j$	Π_1	Π_2	...	Π_j	...	Π_n	α_i
A_1	f_{11}	f_{12}	...	f_{1j}	...	f_{1n}	α_1
A_2	f_{21}	f_{22}	...	f_{2j}	...	f_{2n}	α_2
...
A_i	f_{i1}	f_{i2}	...	f_{ij}	...	f_{in}	α_i
...
A_m	f_{m1}	f_{m2}	...	f_{mj}	...	f_{mn}	α_m
P_j	P_1	P_2	...	P_j	...	P_n	

Інколи статистичну гру задають матрицею ризиків, в якій замість платіжних функцій беруть ризики доходів $r_{ij}^+ = \max_{(j)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$ або збитків $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(j)} f_{ij}^-$. Загальна формалізація теорії статистичної гри має такий вигляд: на множині $\{X, Q, F^+\}$ або $\{X, Q, F^-\}$, де $X = \{x_1 \dots x_i \dots x_m\}$ – множина рішень суб'єкта (керівника); $Q = \{q_1 \dots q_i \dots q_n\}$ – множина станів навколишнього середовища; $F^+ = \{f_{ij}^+\}$, $F^- = \{f_{ij}^-\}$ – платіжні матриці (функціонали оцінювання) позитивні для прибутку (доходу) і негативні для збитків (витрат), обирається таке рішення, яке забезпечує $\max F^+$ або $\min F^-$. Статистичні рішення приймаються в різних інформаційних ситуаціях: I_1 – повністю відомий розподіл апріорних ймовірностей P_j станів навколишнього середовища $q_j \in Q, j \in \overline{1, n}$; I_2 – відомий розподіл ймовірностей станів $q_j \in Q, j \in \overline{1, n}$, але невідомі параметри цього розподілу; I_3 – зовсім невідомий розподіл апріорних ймовірностей станів середовища; I_4 – відома система лінійних співвідношень на компонентах апріорного розподілу ймовірностей станів середовища; I_5 – існують антагоністичні інтереси статистика і навколишнього середовища; I_6 – проміжна ситуація між I_4 та I_5 ; I_7 – відсутній вплив навколишнього середовища на рішення статистика. Кожна інформаційна ситуація передбачає застосування відповідних критеріїв. Так, в інформаційній ситуації I_1 рішення приймають на підставі критеріїв:

Байсса (B_a):

1) максимуму (мінімуму) математичного очікування доходу (збитку)

$$\max_{(i)} M[f_{ij}^+] = \max_{(i)} \overline{f_{ij}^+} = \max_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot P_j \quad (\min_{(i)} M[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \overline{f_{ij}^-} = \min_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot P_j);$$

2) мінімуму дисперсії доходу (збитку)

$$\min_{(i)} D[f_{ij}^+] = \min_{(i)} \sum_{(j)} (f_{ij}^+ - \overline{f_{ij}^+})^2 \cdot P_j \quad (\min_{(i)} D[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \sum_{(j)} (f_{ij}^- - \overline{f_{ij}^-})^2 \cdot P_j), \quad \text{якщо}$$

критерій $\max_{(i)} M[f_{ij}^+]$ ($\min_{(i)} M[f_{ij}^-]$) не визначений;

3) мінімуму коефіцієнта коваріації доходу (збитку)

$$\min_{(i)} C_V[f_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{f^+} / M[f_{ij}^+] \quad (\min_{(i)} C_V[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \sigma_{f^-} / M[f_{ij}^-]), \quad \text{якщо критерій}$$

$$\max_{(i)} M[f_{ij}^+], \quad \min_{(i)} D[f_{ij}^+] \quad (\min_{(i)} M[f_{ij}^-], \quad \min_{(i)} D[f_{ij}^-]) \quad \text{не визначені, де}$$

$\sigma_{f^+} = \sqrt{D[f_{ij}^+]}$ ($\sigma_{f^-} = \sqrt{D[f_{ij}^-]}$) – середньоквадратичне відхилення доходу (збитку);

Бернулі (B_e):

1) максимуму (мінімуму) математичного очікування ризику доходу (збитку)

$$\max_{(i)} M[r_{ij}^+] = \max_{(i)} \overline{r_{ij}^+} = \max_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot P_j \quad (\min_{(i)} M[r_{ij}^-] = \min_{(i)} \overline{r_{ij}^-} = \min_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot P_j);$$

2) мінімуму дисперсії ризику доходу (збитку) $\min_{(i)} D[r_{ij}^+] = \min_{(i)} \sum_{(j)} (r_{ij}^+ - \bar{r}_i^+)^2 \cdot P_j$ (якщо критерій $\max_{(i)} M[r_{ij}^+]$ ($\min_{(i)} M[r_{ij}^-]$) не визначений;

3) мінімуму коефіцієнта коваріації ризику доходу (збитку) $\min_{(i)} C_V[r_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{r^+} / M[r_{ij}^+]$ ($\min_{(i)} C_V[r_{ij}^-] = \min_{(i)} \sigma_{r^-} / M[r_{ij}^-]$), якщо критерії $\max_{(i)} M[r_{ij}^+]$, $\min_{(i)} D[r_{ij}^+]$ ($\min_{(i)} M[r_{ij}^-]$, $\min_{(i)} D[r_{ij}^-]$) не визначені, де $\sigma_{r^+} = \sqrt{D[f_{ij}^+]}$ ($\sigma_{r^-} = \sqrt{D[r_{ij}^-]}$) – середньоквадратичне відхилення ризику. В інформаційній ситуації I_2 застосовують критерії недостатнього обґрунтування Лапласа (L_a) для доходу (збитку) та Джеймса (D_g) для ризику доходу (збитку), в яких $P_j = 1/n$, а для зважених критеріїв Лапласа та Джеймса беруть $P_j = n_j/n$, де n_j – кількість реалізацій j -их станів навколишнього середовища; $n = \sum_{(j)} n_j$ – сумарна кількість таких станів.

Найбільш розповсюдженими в інформаційній ситуації I_3 є критерії:

Вальда (V_a) – гарантованого максимуму доходу (максимуму доходу)

$V_a^+ = \max_{(i)} \min_{(j)} f_{ij}^+$, гарантованого мінімуму збитку (мінімуму збитку)

$V_a^- = \min_{(i)} \max_{(j)} f_{ij}^-$;

Севіджа (S_e) – гарантованого максимуму ризику доходу (максимуму ризику доходу)

$S_e^+ = \max_{(i)} \min_{(j)} r_{ij}^+$, гарантованого мінімуму ризику збитку

(мінімуму ризику збитку) $S_e^- = \min_{(i)} \max_{(j)} r_{ij}^-$;

Лемана (L_e) – найбільшого оптимізму (L_{eOP}) отримання

максимального доходу $L_{eOP}^+ = \max_{(i)} \max_{(j)} f_{ij}^+$ (максимум максимуму доходу),

мінімального збитку $L_{eOP}^- = \min_{(i)} \min_{(j)} f_{ij}^-$ (мінімум мінімуму збитку) або

найбільшого песимізму (L_{ePS}) отримання мінімального доходу

$L_{ePS}^+ = \min_{(i)} \min_{(j)} f_{ij}^+$ (мінімум мінімуму доходу), максимального збитку

$L_{ePS}^- = \max_{(i)} \max_{(j)} f_{ij}^-$ (максимум максимуму збитку);

Менчеса (M_n) – найбільшого оптимізму (M_{nOP}) отримання

максимального ризику доходу $M_{nOP}^+ = \max_{(i)} \max_{(j)} r_{ij}^+$ (максимум максимуму ризику доходу),

мінімального ризику збитку $M_{nOP}^- = \min_{(i)} \min_{(j)} r_{ij}^-$ (мінімум

мінімумом ризику збитку) або найбільшого песимізму (M_{nPS}) отримання мінімального ризику доходу $M_{nPS}^+ = \min_{(i)} \min_{(j)} r_{ij}^+$ (мінімум мінімумом ризику доходу), максимального ризику збитку $M_{nPS}^- = \max_{(i)} \max_{(j)} r_{ij}^-$ (максимум максимумом ризику збитку).

Рішення в інформаційній ситуації I_7 приймають як і в інформаційній ситуації I_3 , але без врахування стану навколишнього середовища. Інформаційні ситуації I_4, I_5, I_6 є найбільш складними, тому в них застосовують складні критерії Гурвіца (G_u) для доходів $\max_{(i)}(\lambda \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \max_{(j)} f_{ij}^+)$ або для збитків $\min_{(i)}(\lambda \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \min_{(j)} f_{ij}^-)$ та Ходжеса (H_o) для ризиків доходів $\max_{(i)}(\lambda \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \max_{(j)} r_{ij}^+)$ або для ризиків збитків $\min_{(i)}(\lambda \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \min_{(j)} r_{ij}^-)$, де λ – рівень песимізму або рівень агресивності навколишнього середовища, який змінюється від нуля до одиниці ($0 \leq \lambda \leq 1$). Наведені критерії свідчать про те, що при $\lambda=1$ критерій Гурвіца співпадає з критерієм Вальда для доходів (збитків), а критерій Ходжеса співпадає з критерієм Севіджа для ризиків доходів (збитків); при $\lambda=0$ критерій Гурвіца співпадає з відповідними критеріями Байєса та Лемана, а критерій Ходжеса – з критеріями Бернуллі та Менчеса, що дозволяє об'єднувати прості критерії Вальда та Байєса, Севіджа та Бернуллі за формулами типу $G_u = \lambda \cdot V_a + (1-\lambda) \cdot B_a$ або $G_u = \lambda \cdot S_e + (1-\lambda) \cdot B_e$, тобто приймати багатоцільові, багатокритеріальні рішення.

Багатоцільовими, або багатокритеріальними, рішеннями конфліктних ситуацій називають такі, коли суб'єкт має дві чи більше мети, наприклад, максимум доходу і мінімум збитку або максимум доходу і мінімум ризику. Ігрову задачу прийняття багатоцільових рішень формалізують як множину $\{X, F(Q)\}$, де $X = \{x_1 \dots x_m\}$ – множина рішень суб'єкта керування; $F = \{F_1(Q_1), \dots, F_k(Q_k)\}$ – множина функціоналів оцінювання в умовах відповідних станів навколишнього середовища $Q_k = \{q_{k1}, \dots, q_{kn}\}$. Рішення багатокритеріальних задач знаходять при умові об'єднання трьох принципів (правил) $\{v, u, w\}$ – нормалізації або приведення критерію до однієї розмірності чи шкали виміру (v); урахування ваги пріоритету (u); згортки (w) або об'єднання остаточних результатів (платіжних матриць) конфліктів. Найбільш розповсюдженими принципами є:

- а) нормалізації – заміни інгредієнтів $v_1 = \{v_{11} = -f_{ij}^k, v_{12} = 1/f_{ij}^k, v_{13} = (f_{ij}^k)^{\pm 1}, \dots\}$, приведення $v_2 = \{v_{21} = f_{ij}^{k+} / \max_{(j)} f_{ij}^{k+}, v_{22} = f_{ij}^{k-} / \min_{(j)} f_{ij}^{k-}, v_{23} = r_{ij}^{k+} / \max_{(j)} r_{ij}^{k+}; v_{24} = r_{ij}^{k+} / \min_{(j)} r_{ij}^{k-}, \dots\}$;

ризиків $v_3 = \{v_{31} = \max_{(j)} f_{ij}^{k+} - f_{ij}^{k+}, v_{32} = f_{ij}^{k-} - \min_{(j)} f_{ij}^{k-}, v_{33} = \max_{(j)} r_{ij}^{k+} - r_{ij}^{k+}, v_{34} = r_{ij}^{k-} - \min_{(j)} r_{ij}^{k-}, \dots\}$;

питомого ризику Севіджа $v_4 = \{v_{41} = (\max_{(j)} f_{ij}^{k+} - f_{ij}^{k+}) / (\max_{(j)} f_{ij}^{k+} - \min_{(j)} f_{ij}^{k+}), v_{42} = (f_{ij}^{k-} - \min_{(j)} f_{ij}^{k-}) / (\max_{(j)} f_{ij}^{k-} - \min_{(j)} f_{ij}^{k-}), v_{43} = (\max_{(j)} r_{ij}^{k+} - r_{ij}^{k+}) / (\max_{(j)} r_{ij}^{k+} - \min_{(j)} r_{ij}^{k+}), v_{44} = (r_{ij}^{k-} - \min_{(j)} r_{ij}^{k-}) / (\max_{(j)} r_{ij}^{k-} - \min_{(j)} r_{ij}^{k-}), \dots\}$;

б) урахування пріоритету функції оцінювання – лінійний $u_1 = a_k \cdot f_{ij}^k$, показниковий $u_2 = (f_{ij}^k)^{ak}, \dots$;

в) згортки або об'єднання функціоналів оцінювання – гарантованого результату Вальда $w_1 = \{w_{11} = \max_{(j)} \min_{(k)} f_{ij}^{k+}, w_{12} = \min_{(j)} \max_{(k)} f_{ij}^{k-}, w_{13} = \max_{(j)} \min_{(k)} r_{ij}^{k+}, w_{14} = \min_{(j)} \max_{(k)} r_{ij}^{k-}, \dots\}$;

домінуючого результату $w_2 = \{w_{21} = \max_{(j)} \max_{(k)} f_{ij}^{k+}, w_{22} = \min_{(j)} \min_{(k)} f_{ij}^{k-}, w_{23} = \max_{(j)} \max_{(k)} r_{ij}^{k+}, w_{24} = \min_{(j)} \min_{(k)} r_{ij}^{k-}, \dots\}$;

рівності $w_3 = f_{ij}^1 = f_{ij}^2 = \dots = f_{ij}^k$;

максимального $w_{41} = \max_{(j)} \sum_{(k)} f_{ij}^{k+}$ або мінімального $w_{42} = \max_{(j)} \sum_{(k)} f_{ij}^{k-}$

сумарного ефекту;

рівномірності $w_5 = \{w_{51} = \max_{(j)} \prod_{(k)} f_{ij}^{k+}, w_{52} = \min_{(j)} \prod_{(k)} f_{ij}^{k-}, w_{53} = \max_{(j)} \prod_{(k)} r_{ij}^{k+}, w_{54} = \min_{(j)} \prod_{(k)} r_{ij}^{k-}, \dots\}$.

Висновки

1. Наведені принципи свідчать, що варіантів багатоцільових рішень статистичних конфліктних ситуацій безліч і треба мати достатній досвід їх розв'язання для того, щоб прийняти успішні рішення.

2. Матеріал навчально-методичного посібника може бути використаний під час вивчення навчальних дисциплін “Економіка природокористування”, “Планування виробництва в лісовому господарстві”, “Менеджмент у лісовому господарстві” і багатьох інших дисциплін будь-якої спеціальності та під час виконання курсових і дипломних робіт.

3. Подальший розвиток теорії “Еколого-економічні критерії прийняття господарських рішень” полягає в тому, щоб оцінити точність і достовірність прогнозів стану навколишнього середовища з метою врахування їх у лісогосподарській діяльності.

4. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ КРИТЕРІЇВ

4.1. Застосування економічних критеріїв

4.1.1. Мінімум приведених витрат на обладнання

Прийняти рішення щодо вибору одного з чотирьох варіантів обладнання за критерієм мінімуму приведених витрат, якщо капітальні вкладення (K_e), тис. грн, експлуатаційні витрати (B_e), тис. грн, нормативний термін роботи (T_n), рік та технологічна потужність (N_n), тис. од./рік, наведено в таблиці.

	B_e	K_e	T_n	N_n
x_1	65*	250	10	20
x_2	30	320 ^{##}	12	150
x_3	28	120	5 [◇]	80
x_4	40	98	8	110**

Розв'язок. Розраховуємо приведені витрати на виробництво продукції за формулою $Z_{np} = B_e \cdot N_n + K_e / T_n$ для варіантів:

- 1) $Z_{np1} = 65 \cdot 20 + 250/10 = 1325$ тис. грн/рік;
- 2) $Z_{np2} = 30 \cdot 150 + 320/12 = 4526,67$ тис. грн/рік;
- 3) $Z_{np3} = 28 \cdot 80 + 120/5 = 2264$ тис. грн/рік;
- 4) $Z_{np4} = 40 \cdot 110 + 98/8 = 4412,25$ тис. грн/рік.

Отже, за критерієм $Z_{np} = B_e \cdot N_n + K_e / T_n = \min$ оптимальним є перший варіант, для якого показник $Z_{np1} = 1325$ тис. грн/рік мінімальний.

4.1.2. Мінімум приведених витрат на рубки догляду

Прийняти рішення щодо вибору однієї з трьох схем рубок догляду за критерієм мінімуму приведених витрат, якщо капітальні вкладення (K_{pd}), грн, собівартість (C_{pd}), грн/м³, обсяг виробництва (B_{pd}), м³/рік, нормативний термін роботи обладнання (T_n), рік, наведено в таблиці.

Варіант (схема)	K_{pd}	C_{pd}	B_{pd}	T_n
1	903000	56**	11500	10
2	1360000	85	7650 ^{##}	12
3	900000 ^{◇◇◇}	68	12300	8 [#]

Розв'язок. Розраховуємо приведені витрати на рубки догляду за формулою $Z_{np} = B_{p\partial} \cdot C_{p\partial} + K_{p\partial} / T_n$ для варіантів:

1) $Z_{np1} = 11500 \cdot 56 + 903000 / 10 = 734300$ грн/рік;

2) $Z_{np2} = 7650 \cdot 85 + 1360000 / 12 = 763583,33$ грн/рік;

3) $Z_{np3} = 12300 \cdot 68 + 900000 / 8 = 948900$ грн/рік.

Отже, за критерієм $Z_{np} = B_{p\partial} \cdot C_{p\partial} + K_{p\partial} / T_n = \min$, оптимальним є перший варіант, для якого показник $Z_{np1} = 734300$ грн/рік мінімальний.

4.1.3. Максимум річного доходу від реалізації продукції

Прийняти рішення щодо випуску одного із трьох варіантів продукції лісового господарства за критерієм максимуму річного доходу, якщо ціна (C_n), грн/од., собівартість (C_n), грн/од., обсяг випуску продукції (O_e), од./рік, наведено в таблиці

Варіант	C_n	C_n	O_e
1	903 ^{###}	56	11500
2	1360	85**	7650
3	900	68	12300 ^{◆◆◆}

Розв'язок. Розраховуємо дохід від реалізації продукції за формулою $D_{pn} = (C_n - C_n) \cdot O_e$ для варіантів:

1) $D_{pn1} = (903 - 56) \cdot 11500 = 9740500$ грн/рік;

2) $D_{pn2} = (1360 - 85) \cdot 7650 = 9753750$ грн/рік;

3) $D_{pn3} = (900 - 68) \cdot 12300 = 10233600$ грн/рік.

Отже, за критерієм $D_{pn} = (C_n - C_n) O_e = \max$, оптимальним є третій варіант, для якого показник $D_{pn3} = 10233600$ грн/рік максимальний.

4.1.4. Максимум еколого-економічного ефекту виробництва з погіршенням екологічного стану довкілля

Прийняти рішення щодо випуску одного із трьох варіантів продукції лісового господарства, якщо її ціна (C_n), грн/од., собівартість (C_n), грн/од., обсяг виробництва (O_e), од./рік, екологічні збитки у вартісному еквіваленті (E_s), грн/рік, наведено в таблиці.

Варіант	$Ц_n$	C_n	O_6	E_3
1	250 ^{◆◆}	120	15000 ^{◆◆◆}	25000
2	480	185	3700	16200
3	630	260 ^{##}	10000	5780 ^{***}

Розв'язок. Розраховуємо дохід від реалізації продукції за формулою $D_{pn} = (C_n - C_n)O_6 - E_3$ для варіантів:

$$1) D_{pn1} = (250 - 120) \cdot 15000 - 25000 = 1925000 \text{ грн/рік};$$

$$2) D_{pn2} = (480 - 185) \cdot 3700 - 16200 = 1075300 \text{ грн/рік};$$

$$3) D_{pn3} = (630 - 260) \cdot 10000 - 5780 = 3694220 \text{ грн/рік}.$$

Отже, за критерієм $D_{pn} = (C_n - C_n)O_6 - E_3 = \max$, оптимальним є третій варіант, для якого показник $D_{pn3} = 3694220$ грн/рік максимальний.

4.1.5. Максимум еколого-економічного ефекту виробництва з покращанням екологічного стану довкілля

Прийняти рішення щодо випуску одного із трьох варіантів продукції лісового господарства, якщо її ціна ($Ц_n$), грн/од., собівартість (C_n), грн/од., обсяг виробництва (O_6), од./рік та покращання екологічних умов у вартісному еквіваленті (E_n), грн/рік наведено в таблиці.

Варіант	$Ц_n$	C_n	O_6	E_n
1	250 ^{◆◆}	120	15000 ^{◆◆◆}	25000
2	480	185 ^{##}	3700	16200
3	630	260	10000	5780 ^{***}

Розв'язок. Розраховуємо дохід від реалізації продукції за формулою $D_{pn} = (C_n - C_n)O_6 + E_n$ для варіантів:

$$1) D_{pn1} = (250 - 120) \cdot 15000 + 25000 = 1975000 \text{ грн/рік};$$

$$2) D_{pn2} = (480 - 185) \cdot 3700 + 16200 = 1107700 \text{ грн/рік};$$

$$3) D_{pn3} = (630 - 260) \cdot 10000 + 5780 = 3705780 \text{ грн/рік}.$$

Отже, за критерієм $D_{pn} = (C_n - C_n)O_6 + E_n = \max$, оптимальним є третій варіант, для якого показник $D_{pn3} = 3705780$ грн/рік максимальний.

4.1.6. Максимум економічного ефекту рубок догляду з покращанням екологічного стану лісу

Прийняти рішення щодо вибору однієї з трьох схем рубок догляду за критерієм максимуму еколого-економічного ефекту, якщо капітальні вкладення (K_{pd}), грн, собівартість (C_{pd}), грн/м³, обсяг виробництва (B_{pd}), м³/рік, нормативний термін роботи обладнання (T_n), рік, покращання екологічного стану та продуктивності лісу у вартісному еквіваленті E_n , грн/рік, наведено в таблиці.

Варіант (схема)	K_{pd}	C_{pd}	B_{pd}	T_n	E_n
1	800000	500 ^{##}	2050	15	2300000
2	1200000	650	1760 ^{◇◇}	12	1150000
3	990000	730	2120	10*	1980000

Розв'язок. Розраховуємо приведені витрати на рубки догляду за формулою $E_{ef} = E_n - (B_{pd} \cdot C_{pd} + K_{pd}/T_n)$ для варіантів:

- 1) $E_{ef1} = 2300000 - (2050 \cdot 500 + 800000/15) = 1221666,7$ грн/рік;
- 2) $E_{ef2} = 1150000 - (1760 \cdot 650 + 1200000/12) = -94000$ грн/рік;
- 3) $E_{ef3} = 1980000 - (2120 \cdot 730 + 990000/10) = 333400$ грн/рік.

Отже, за критерієм $E_{ef} = E_n - (B_{pd} \cdot C_{pd} + K_{pd}/T_n) = \max$, оптимальним є перший варіант, для якого показник $E_{ef1} = 1221666,7$ грн/рік максимальний.

4.1.7. Оптимальний варіант модернізації схем рубок догляду

Прийняти рішення щодо вибору одного з трьох варіантів модернізації схем рубок догляду за критерієм мінімуму терміну окупності ($T_{ок}$) додаткових капіталовкладень (ΔK_{pd}), грн за рахунок зниження собівартості (ΔC_{pd}), грн/м³ виробництва продукції обсягом (B_{pd}), м³/рік, якщо вихідні дані наведено в таблиці, а нормативний термін роботи (T_n) обладнання становить 10 років.

Варіант (схема)	ΔK_{pd}	ΔC_{pd}	B_{pd}
1	60000	55 [◇]	124
2	25000	35	320 ^{##}
3	36000 ^{***}	78	790

Розв'язок. Розраховуємо річну суму собівартості виробленої продукції для варіантів:

1) $\Delta C_{p01} = 55 \cdot 124 = 6820$ грн/рік;
 2) $\Delta C_{p02} = 35 \cdot 320 = 11200$ грн/рік;
 3) $\Delta C_{p03} = 78 \cdot 790 = 61620$ грн/рік. Порівнюючи другий і третій варіанти, знаходимо, що $\Delta K_{p02} < \Delta K_{p03}$ та $\Delta C_{p02} < \Delta C_{p03}$, тобто однозначно кращим з них є другий варіант. Порівнюючи перший і другий варіант, розраховуємо термін окупності додаткових капіталовкладень за рахунок зниження собівартості продукції $T_{ок12} = (\Delta K_{p01} - \Delta K_{p02}) / (\Delta C_{p02} - \Delta C_{p01}) = (60000 - 25000) / (11200 - 6820) = 8$ років, що менше $T_n = 10$ років. Отже, найкращим є перший варіант.

4.1.8. Максимум чистого приведенного доходу при пренумерандо грошових потоків

Прийняти рішення щодо вибору одного з трьох варіантів виробництва продукції лісового господарства за критерієм максимуму чистого приведенного доходу для типу грошових потоків пренумерандо та дисконтної ставки $q_d = 0,06$, якщо вихідні дані наведено в таблиці.

Варіанти	Грошові потоки по роках, грн				
	1	2	3	4	5
1	- 30700	25000	75200	- 31600	72300 ^{###}
2	- 125000	378200	46500 ^{◆◆◆}	- 48200	32100
3	- 631200	12600 ^{***}	378250	- 459680	571000

Розв'язок. Розраховуємо чистий приведений дохід для грошових потоків типу пренумерандо за формулою $ЧПД_{пре} = \sum_{i=1}^5 ГП_i / (1 + q_d)^{i-1}$ для варіантів:

$$1) ЧПД_{пре1} = -30700 / (1 + 0,06)^0 + 25000 / (1 + 0,06)^1 + 75200 / (1 + 0,06)^2 - 31600 / (1 + 0,06)^3 + 72300 / (1 + 0,06)^4 = -30700 + 23584,91 + 66927,73 - 26531,97 + 57268,37 = 90549,04 \text{ грн};$$

$$2) ЧПД_{пре2} = -125000 / (1 + 0,06)^0 + 378200 / (1 + 0,06)^1 + 46500 / (1 + 0,06)^2 - 48200 / (1 + 0,06)^3 + 32100 / (1 + 0,06)^4 = -125000 + 356792,45 + 41384,83 - 40469,65 + 25426,2 = 258133,83 \text{ грн};$$

$$3) ЧПД_{пре3} = -631200 / (1 + 0,06)^0 + 12600 / (1 + 0,06)^1 + 378250 / (1 + 0,06)^2 - 459680 / (1 + 0,06)^3 + 571000 / (1 + 0,06)^4 = -631200 + 11886,8 + 336641,15 - 385956,17 + 452285,47 = -216342,75 \text{ грн. Отже, за критерієм найбільшого}$$

позитивного $ЧПД_{пре} = \max$, найкращим є другий варіант виробництва продукції лісового господарства, для якого показник $ЧПД_{пре2} = 258133,83$ грн максимальний.

4.1.9. Максимум чистого приведенного доходу при постнумерандо грошових потоків

Прийняти рішення щодо вибору одного з трьох варіантів виробництва продукції лісового господарства за критерієм максимуму чистого приведенного доходу для типу грошових потоків постнумерандо та дисконтної ставки $q_0 = 0,06$, якщо вихідні дані наведено в таблиці.

Варіанти	Грошові потоки по роках, грн				
	1	2	3	4	5
1	- 30700	25000	75200	- 31600	72300 ^{###}
2	- 125000	378200	46500 ^{◆◆◆}	- 48200	32100
3	- 631200	12600 ^{***}	378250	- 459680	571000

Розв'язок. Розраховуємо чистий приведений дохід для грошових потоків типу постнумерандо за формулою $ЧПД_{пост} = \sum_{i=1}^5 ГП_i \cdot (1 + q_0)^{5-i}$ для варіантів:

$$1) ЧПД_{пост1} = -30700 \cdot (1 + 0,06)^4 + 25000 \cdot (1 + 0,06)^3 + 75200 \cdot (1 + 0,06)^2 - 31600 \cdot (1 + 0,06)^1 + 72300 \cdot (1 + 0,06)^0 = -38758,04 + 29775,4 + 84494,72 - 33496 + 72300 = 114316,08 \text{ грн};$$

$$2) ЧПД_{пост2} = -125000 \cdot (1 + 0,06)^4 + 378200 \cdot (1 + 0,06)^3 + 46500 \cdot (1 + 0,06)^2 - 48200 \cdot (1 + 0,06)^1 + 32100 \cdot (1 + 0,06)^0 = -157809,62 + 450442,25 + 52247,4 - 51092 + 32100 = 325888,03 \text{ грн};$$

$$3) ЧПД_{пост3} = -631200 \cdot (1 + 0,06)^4 + 12600 \cdot (1 + 0,06)^3 + 378250 \cdot (1 + 0,06)^2 - 459680 \cdot (1 + 0,06)^1 + 571000 \cdot (1 + 0,06)^0 = -796875,46 + 15006,8 + 425001,7 - 487260,8 + 571000 = -273127,76 \text{ грн.}$$

Отже, за критерієм найбільшого позитивного $ЧПД_{пост} = \max$, найкращим є другий варіант виробництва продукції лісового господарства, для якого показник $ЧПД_{пост2} = 325888,03$ грн максимальний.

4.1.10. Оптимальний термін експлуатації трельовочної техніки

Знайти оптимальний термін експлуатації трельовочної техніки, якщо експлуатаційні витрати $C_e = 26000$ $\diamond\diamond\diamond$ грн/рік, вартість обладнання $K_0 = 81000$ $\#\#\#$ грн, коефіцієнт щорічного збільшення експлуатаційних витрат $b = 2$ грн/рік², ступінь зростання цих витрат $\delta = 3$, нормативний термін експлуатації $T_n = 10$ * років.

Розв'язок. За критерієм $E_e = (C_e + K_0/T_n) \cdot t/T_n - C_e + b \cdot t^\delta + K_0/T_n = \max$ або $dE_e/dt = (C_e + E_n \cdot K_0)/T_n - b \cdot \delta \cdot t^{\delta-1} = 0$ знаходимо оптимальний термін експлуатації $t_{opt} = \delta^{-1} \sqrt{(\delta-1)(C_e + K_0/T_n)/T_n \cdot b \cdot \delta} = \sqrt{(26000 + 81000/10)/10 \cdot 2 \cdot 3} = 23,8$ років.

4.1.11. Оптимальний обсяг заготівлі деревини при незмінному попиті

Прийняти рішення щодо обсягу заготівлі деревини на наступний рік, якщо ціни не змінилися і дорівнюють 300 грн/м³, а її реалізація за останні три роки наведена в таблиці, за якою приймається гіпотеза, що попит на лісові ресурси не змінився. Визначити математичне очікування збитків (ризик) від надмірної чи недостатньої заготівлі деревини.

Рік	1	2	3
Реалізація, тис. м ³	25 $\#\#$	18 $\#\#$	32 $\diamond\diamond$

Розв'язок. Згідно з прийнятою гіпотезою приймається рішення щодо обсягу заготівлі деревини на наступний рік, який дорівнює математичному очікуванню реалізації деревини (R_e) за останні три роки $M[R_e] = (25 + 18 + 32)/3 = 25$ тис. м³. Середньостатистична похибка прийнятого рішення дорівнює середньоквадратичному відхиленню реалізації деревини від математичного очікування, тобто $\sigma_{R_e} = \sqrt{[(25 - 25)^2 + (18 - 25)^2 + (32 - 25)^2]/3} = 5,72$ тис. м³/рік, що у вартісному еквіваленті становить $Z_\sigma = 5,72 \cdot 300 = 1716$ тис. грн/рік середньостатистичних збитків через недостатню або надмірну заготівлю деревини.

4.1.12. Оптимальний обсяг заготівлі деревини при зростаючому попиті

Прийняти рішення щодо обсягу заготівлі деревини на наступний рік, якщо ціни не змінилися і дорівнюють 300 грн/м³, а її реалізація за останні три роки наведена в таблиці, за якою приймається гіпотеза, що попит на лісові ресурси збільшився з коефіцієнтом приросту $b = 2^{\#} \cdot 10^{-1}$ та коефіцієнтом кореляції $r = 0,8$. Визначити математичне очікування збитків (ризик) від надмірної чи недостатньої заготівлі деревини.

Рік	1	2	3
Реалізація, тис. м ³	25 ^{##}	18**	32 ^{◆◆}

Розв'язок. Згідно з прийнятою гіпотезою приймається рішення щодо обсягу заготівлі деревини на наступний рік, який дорівнює математичному очікуванню реалізації деревини (R_e) за останні три роки $M[R_e] = (25 + 18 + 32)/3 = 25$ тис. м³ з урахуванням коефіцієнта приросту $M[R_e](1 + b) = 25(1 + 0,2) = 30$ тис. м³. Середньостатистична похибка прийнятого рішення дорівнює середньоквадратичному відхиленню реалізації деревини від математичного очікування $\sigma_{R_e} = \sqrt{[(25 - 25)^2 + (25 - 18)^2 + (25 - 32)^2]/3} = 5,72$ тис. м³/рік або з урахуванням коефіцієнта кореляції $\sigma_{R_e} \cdot (1 - r) = 5,72(1 - 0,8) = 1,144$ тис. м³/рік, що у вартісному еквіваленті становить $3_e = 1,144 \cdot 300 = 343,2$ тис. грн/рік середньостатистичних збитків через недостатню або надмірну заготівлю деревини.

4.1.13. Оптимальний обсяг заготівлі деревини при попиті, що зменшується

Прийняти рішення щодо обсягу заготівлі деревини на наступний рік, якщо ціни не змінилися і дорівнюють 300 грн/м³, а її реалізація за останні три роки наведена в таблиці, за якою приймається гіпотеза, що попит на лісові ресурси зменшився з коефіцієнтом $b = 1^* \cdot 10^{-1}$ та коефіцієнтом кореляції $r = 0,6$. Визначити математичне очікування збитків (ризик) від надмірної чи недостатньої заготівлі деревини.

Рік	1	2	3
Реалізація, тис. м ³	25 ^{##}	18**	32 ^{◆◆}

Розв'язок. Згідно з прийнятою гіпотезою приймається рішення щодо обсягу заготівлі деревини на наступний рік, що дорівнює математичному очікуванню реалізації деревини (R_e) за останні три роки $M[R_e] = (25 + 18 + 32)/3 = 25$ тис. м³ з урахуванням коефіцієнта зменшення $M[R_e](1 - b) = 25(1 - 0,1) = 22,5$ тис. м³. Середньостатистична похибка прийнятого рішення дорівнює середньоквадратичному відхиленню реалізації деревини від математичного очікування $\sigma_{R_e} = \sqrt{[(25-25)^2 + (25-18)^2 + (25-32)^2]}/3 = 5,72$ тис. м³/рік або з урахуванням коефіцієнта кореляції $\sigma_{R_e} \cdot (1 - r) = 5,72(1 - 0,6) = 2,288$ тис. м³/рік, що у вартісному еквіваленті становить $3_\sigma = 2,288 \cdot 300 = 686,4$ грн/рік середньостатистичних збитків через недостатню або надмірну заготівлю деревини.

4.1.14. Оптимальний обсяг заготівлі деревини при зростаючих витратах

Прийняти рішення щодо встановлення оптимального обсягу заготівлі деревини (R) ціною $C_R = 300$ грн/м³ за критерієм максимуму прибутку, якщо витрати на заготівлю збільшуються за законом $B_0 + b_R \cdot R^2$, грн/м³ рік, де $b_R = 2 \cdot 10^{-1}$ грн/(м³)² рік.

Розв'язок. За критерієм $\Pi_R = C_R \cdot R - (B_0 + b_R \cdot R^2) = \max$ або $d\Pi_R/dR = C_R - 2 \cdot b_R \cdot R = 0$ знаходимо оптимальний обсяг заготівлі деревини $R_{opt} = C_R / 2 \cdot b_R = 300 / 2 \cdot 0,2 = 750$ м³/рік.

4.1.15. Оптимальний термін заготівлі деревини

Прийняти рішення щодо встановлення оптимального терміну заготівлі деревини (R) за критерієм максимуму сумарного ресурсу (R_Σ), якщо його відновлення здійснюється за законом $R_0 \cdot (1 + r_0 \cdot t)$, м³/рік, а зменшення – за законом $R_0 \cdot e^{-t/\tau_0}$, де темп збільшення ресурсу $r_0 = 5 \cdot 10^{-2}$ рік⁻¹, постійна часу $\tau_0 = 8 \cdot 10^{-1}$ років.

Розв'язок. За критерієм $R_\Sigma = R_0 \cdot (1 + r_0 \cdot t) + R_0 \cdot e^{-t/\tau_0} = \max$ або $dR_\Sigma/dt = R_0 \cdot (r_0 - e^{-t/\tau_0} / \tau_0) = 0$ знаходимо оптимальний термін заготівлі деревини $t_{opt} = -\tau_0 \cdot \ln(r_0 \cdot \tau_0) = 0,8 \cdot \ln(1/0,05 \cdot 0,8) = 2,6$ роки.

4.1.16. Оптимальна ринкова ціна на деревину

Прийняти рішення щодо встановлення оптимальної ринкової ціни на деревину (C_R) за критерієм рівноваги попиту та пропозиції, якщо попит змінюється за законом $P = A - a \cdot C_R$, а пропозиція за законом $S = B + b \cdot C_R$, де, $a = b = 1 \cdot 10^{-1}$ грн⁻¹, $A = 300$ ^{##} грн/м³, $B = 200$ ^{◇◇} грн/м³.

Розв'язок. За критерієм $P = S$ або $A - a \cdot C_R = B + b \cdot C_R$ знаходимо ринкову ціну деревини $C_R = (A - B)/(a + b) = (300 - 200)/(0,1 + 0,1) = 500$ грн/м³.

4.1.17. Позитивний економічний ефект від зниження собівартості та питомих виробничих фондів лісового господарства

Прийняти рішення щодо зниження собівартості від 145,6 ^{##} грн/од. до 80,3 ^{**} грн/од. та зниження питомих виробничих фондів від 143,2 ^{◇◇} грн/од. до 80 ^{**} грн/од., якщо річний випуск продукції лісового господарства складає 4200 од., нормативний коефіцієнт ефективності $E_n = 12 \cdot 10^{-2}$ рік⁻¹.

Розв'язок. За критерієм $E > 0$, де $E = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] \cdot B_2$; C_1 , C_2 – собівартість одиниці продукції; K_1 , K_2 – питомі капіталовкладення (виробничі фонди); B_2 – річний випуск (програма) до (1) та після (2) прийняття рішення, розраховуємо $E = [(145,6 + 0,12 \cdot 143,2) - (80,3 + 0,12 \cdot 80)] \cdot 4200 = 306112,8$ грн. Отже, рішення можна приймати, оскільки економічний ефект $E = 306112,8$ грн позитивний.

4.1.18. Позитивний економічний ефект від зміни виробничої програми лісового господарства

Прийняти рішення щодо зміни виробничої програми лісового господарства, якщо собівартість річного обсягу заготівлі деревини складала 108 ^{**} тис. грн, планується 108 ^{**}-2 тис. грн, капіталовкладення складала 162 ^{##} тис. грн, плануються 162 ^{##}-25 тис. грн, собівартість перевезення деревини знижується від 21 ^{*} до 21 ^{*}-6 тис. грн, а капітальні витрати на перевезення змінюються від 63 [◇] до 63 [◇]-1 тис. грн, у споживача поточні витрати із використання деревини змінюються від 44 [#] до 44 [#]-1 тис. грн, а капіталовкладення знижуються від 131 ^{◇◇} до 131 ^{◇◇}-15 тис. грн, нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень $E_n = 12 \cdot 10^{-2}$ рік⁻¹.

Розв'язок. За критеріє $E = [(C_{B1} + E_n \cdot K_{B1}) - (C_{B2} + E_n \cdot K_{B2})] + [(C_{П1} + 0,12 \cdot K_{П1}) - (C_{П2} + 0,12 \cdot K_{П2})] + [(C_{C1} + 0,12 \cdot K_{C1}) + (C_{C2} + 0,12 \cdot K_{C2})] > 0$, де C_{B1} , C_{B2} , $C_{П1}$, $C_{П2}$, C_{C1} , C_{C2} – собівартість виробництва, перевезення та споживання продукції; K_{B1} , K_{B2} , $K_{П1}$, $K_{П2}$, K_{C1} , K_{C2} – питомі капіталовкладення у виробництво (виробничі фонди), перевезення та споживання (на загальну програму) до (1) та після (2) прийняття рішення, розраховуємо $E = [(108 + 0,12 \cdot 162) - (106 + 0,12 \cdot 137)] + [(21 + 0,12 \cdot 63) - (15 + 0,12 \cdot 62)] + [(44 + 0,12 \cdot 131) - (43 + 0,12 \cdot 116)] = 13,92$ тис. грн. Отже, рішення можна приймати, оскільки економічний ефект $E = 13,92$ тис. грн позитивний.

4.1.19. Позитивний економічний ефект від додаткових одноразових витрат в лісовому господарстві

Прийняти рішення щодо додаткових одноразових витрат на лісорозведення розміром $15 \cdot 10^3$ грн/га, якщо очікуваний через 60 років додатковий доход становитиме $10^{\#} \cdot 10^4$ грн, дисконтна ставка $q_D = 3 \cdot 10^{-2}$, експлуатаційні витрати не змінюються.

Розв'язок. За критерієм $E = \Delta C \pm E_n \cdot \Delta K > 0$, де ΔC – зміни собівартості річного випуску продукції; ΔK – зміни вартості виробничих фондів підприємства лісового господарства, або в даному випадку із урахуванням різночасовості витрат одержання доходів при $\Delta C = 0$ за критерієм $E = E_n (D_o - B_o) = E_n (D / (1 + q_D)^{t-1} - B_o) > 0$, де $D_o = D / (1 + q_D)^{t-1}$ – доход (D) продисконтований на час t ; B_o – одноразові додаткові витрати, розраховуємо $E = 0,12 \cdot \left(\frac{100000}{1,03^{60-1}} - 15000 \right) = 297,9$ грн/га. Отже, рішення можна приймати, оскільки економічний ефект $E = 297,9$ тис. грн, позитивний.

4.1.20. Оптимальний вік заготівлі лісу за критерієм максимуму приведенного доходу

Прийняти рішення щодо оптимального віку заготівлі лісу за критерієм максимуму приведенного доходу для дисконтної ставки $q_D = 3 \cdot 10^{-2}$ та вихідних даних, наведених в таблиці.

Порода лісу	Вік деревини, що заготовлюється (років)			
	20	60	100	120
Доход від реалізації деревини (тис. грн/га)				
Дуб	20*	170	580	810
Сосна	40	140 ^{##}	270	360
Ялина	60	110	150 ^{◆◆}	180**

Розв'язок. За критерієм максимуму приведенного доходу $D_H = D / (1 + q_D)^{t-1} = \max$ розраховуємо коефіцієнти дисконтування $K_D = (1 + q_D)^{t-1}$ та приведені доходи і заносимо їх в таблицю.

Порода лісу	Вік деревини, що заготовлюється (років)			
	20	60	100	120
	Коефіцієнти дисконтування			
	$(1,03)^{19} = 1,75$	$(1,03)^{59} = 5,72$	$(1,03)^{99} = 18,66$	$(1,03)^{119} = 33,7$
	Приведений дохід від реалізації деревини (тис. грн/га)			
Дуб	20/1,75=11,43	170/5,72=29,72	580/18,66=31,08	810/33,7=24,04
Сосна	40/1,75=22,86	140/5,72=24,48	270/18,66=14,47	360/33,7=10,68
Ялина	60/1,75=34,29	110/5,72=19,23	150/18,66=8,04	180/33,7=5,34

Отже, оптимальним буде вік заготівлі деревини: дуба – 100 років (максимальний приведенний дохід 31,08 тис. грн); сосни – 60 років (максимальний приведенний дохід 24,48 тис. грн); ялини – 20 років (максимальний приведенний дохід 34,29 тис. грн).

4.1.21. Позитивний економічний ефект від підвищення терміну експлуатації трактора МТЗ-82

За критерієм позитивного економічного ефекту прийняти рішення щодо підвищення терміну експлуатації трактора МТЗ-82 до 15[◆] років, якщо вартість трактора становить 150^{##} тис. грн, експлуатаційні витрати дорівнюють 1200 грн/рік, гарантійний термін експлуатації 10* років, вартість експлуатації підвищиться на 300^{◆◆} грн/рік, а додаткові капіталовкладення – на 10** тис. грн.

Розв'язок. За критерієм позитивного економічного ефекту $E = (C_{e0} + E_H \cdot K_0) \cdot T_1 / T_0 - (C_{e0} + \Delta C_e + E_H \cdot (K_0 + \Delta K)) > 0$, де C_{e0} – початкові експлуатаційні витрати; K_0 – початкова вартість трактора; ΔC_e – додаткові експлуатаційні витрати; ΔK – додаткові капіталовкладення; $E_H = 0,12$ – нормативна ефективність капіталовкладень; T_0 , T_1 – початковий та встановлений термін експлуатації, розраховуємо $E = (1200 + 0,12 \cdot 150000) \cdot 15 / 10 - (1200 + 300 + 0,12 \cdot (150000 + 10000)) = 8100$ грн/рік. Отже, підвищення термінів експлуатації МТЗ-82 доцільно, оскільки отримаємо позитивний економічний ефект у розмірі 8100 грн/рік.

4.1.22. Оптимальний склад хвойної групи порід лісу у різному віці за критерієм максимуму приведенного доходу

Прийняти рішення щодо оптимального складу хвойної групи порід лісу у віці 60 та 100 років за критерієм максимуму приведенного доходу від реалізації деревини з ділянки площею 100 га, яка складається на $\eta_{я}$ відсотків із ялини і на $\eta_{с}$ відсотків із сосни, річний дохід від реалізації становить для сосни – $14^{\diamond} \cdot 10^2$ грн/га, для ялини – $11^{\#} \cdot 10^2$ грн/га у віці 60 років, а у віці 100 років – $17^* \cdot 10^2$ і $14^{\diamond} \cdot 10^2$ грн/га відповідно. Із збільшенням віку на один відсоток собівартість заготівлі деревини за рік збільшується для сосни на $500^{\#\#}$ грн, для ялини на 300^{**} грн у віці 60 років та на $600^{\diamond\diamond}$ і 300^{**} грн у віці 100 років відповідно. Визначити, у якому віці вигідніше заготовляти ліс.

Розв'язок. За критерієм максимуму приведенного сумарного доходу $D_{\Sigma} = (\eta_{я} \cdot D_{\Pi я} + \eta_{с} \cdot D_{\Pi с}) = (\eta_{я} \cdot D_{я.В} + (1 - \eta_{я}) \cdot D_{с.В}) \cdot 100 / (1 + q_D)^{t-1} = \max$, тис. грн/га, де дисконтна ставка $q_D = 3^* \cdot 10^{-2}$; $D_{я.В} = D_{я} - C_{я} \cdot \eta_{я}$, $D_{с.В} = D_{с} - C_{с} \cdot \eta_{с}$ – дохід від реалізації ялини і сосни залежно від відсотків їх наявності у складі лісу; $D_{я}$ та $D_{с}$ – середні доходи від реалізації відповідної деревини; $C_{я}$, $C_{с}$ – собівартість заготівлі цієї деревини, розраховуємо $D_{я.В} = (1100 - 300 \cdot \eta_{я})$ тис. грн, $D_{с.В} = (1400 - 500 \cdot \eta_{с})$ тис. грн у віці 60 років та $D_{я.В} = (1400 - 300 \cdot \eta_{я})$ тис. грн, $D_{с.В} = (1700 - 600 \cdot \eta_{с})$ тис. грн у віці 100 років та заносимо їх в таблицю.

$\eta_{с}, \%$	$\eta_{я}, \%$	Вік деревини 60 років			Вік деревини 100 років		
		$\eta_{с} \cdot D_{с.В},$ тис. грн/га	$\eta_{я} \cdot D_{я.В},$ тис. грн/га	$D_{\Sigma},$ тис. грн/га	$\eta_{с} \cdot D_{с.В},$ тис. грн/га	$\eta_{я} \cdot D_{я.В},$ тис. грн/га	$D_{\Sigma},$ тис. грн/га
0	1,0	0	800	800	0	1100	1100
0,1	0,9	135	747	882	164	1017	1181
0,2	0,8	260	688	948	316	920	1244
0,3	0,7	375	623	998	456	833	1289
0,4	0,6	480	552	1032	584	732	1316
0,5	0,5	575	475	1050	700	625	1325
0,6	0,4	660	392	1052	804	512	1316
0,7	0,3	735	303	1038	896	393	1289
0,8	0,2	800	208	1008	976	268	1244
0,9	0,1	855	107	962	1044	137	1181
1,0	0	900	0	900	1100	0	1100

Отже, порідний склад лісу: у віці 60 років – 60 % сосни та 40 % ялини; у віці 10, з точки зору максимуму сумарного доходу D_{Σ} оптимальним буде 0 років – 50 % сосни та 50 % ялини (рис. 1, 2).

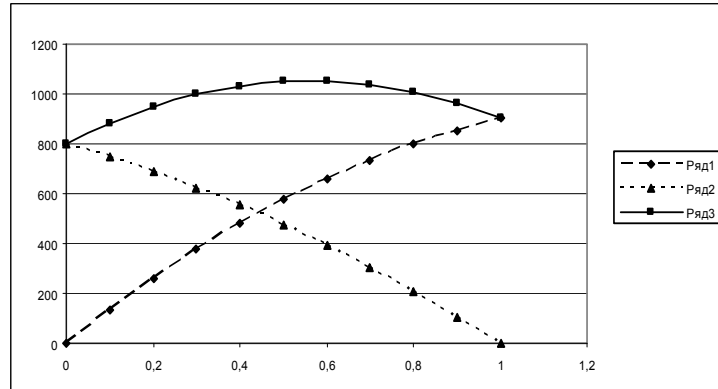


Рис.1. Залежність сумарного доходу (ряд 3) від порідного складу лісу – сосни (ряд 1) та ялини (ряд 2) у віці 60 років

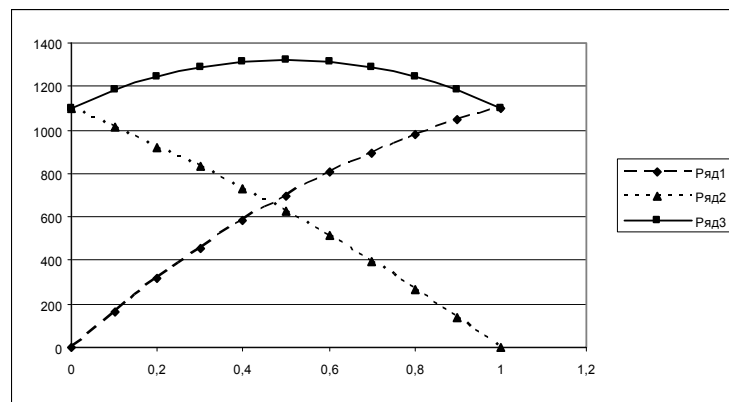


Рис.2. Залежність сумарного доходу (ряд 3) від порідного складу лісу – сосни (ряд 1) та ялини (ряд 2) у віці 100 років

У першому випадку максимальний сумарний приведений дохід становить $D_{I\Sigma} = (\eta_y \cdot D_{I\text{я}} + \eta_c \cdot D_{I\text{с}}) \cdot 100 / 1,03^{59} = 1052 \cdot 100 / 5,72 = 18396,11$ тис. грн/га, а в другому – $D_{I\Sigma} = (\eta_y \cdot D_{I\text{я}} + \eta_c \cdot D_{I\text{с}}) \cdot 100 / 1,03^{99} = 1325 \cdot 100 / 18,66 = 7100,75$ тис. грн/га, тобто вигідніше заготовляти ліс у віці 60 років.

4.1.23. Оптимальний порідний склад лісу у різному віці за критерієм мінімуму сумарного збитку

Прийняти рішення щодо оптимального порідного складу лісу у віці 60 та 100 років за критерієм мінімуму сумарного річного збитку на догляд за лісом площею 100 га, яка складається на η_y відсотків із ялини і на η_c відсотків із сосни, річна собівартість вирощування сосни – 500^{##} грн/га, ялини – 300** грн/га у віці 60 років та 700^{◆◆} і 300**+100 грн/га у віці 100 років відповідно. Додатково собівартість збільшується для сосни на 100 грн/відсоток, для ялини на 200 грн/відсоток у віці 60 років та на

150 і 200 грн/відсоток у віці 100 років відповідно. Визначити, у якому віці вигідніше заготовляти ліс.

Розв'язок. За критерієм мінімуму приведеного сумарного збитку $Z_{\Sigma} = \eta_{я} \cdot Z_{я.В} + \eta_{с} \cdot Z_{с.В} = \eta_{я} \cdot Z_{я.В} + (1 - \eta_{я}) \cdot Z_{с.В} = \min$, тис. грн/га, де: $Z_{я.В} = Z_{я} - C_{я.Д} \cdot \eta_{я}$, $Z_{с.В} = Z_{с} - C_{с.Д} \cdot \eta_{с}$ – збитки догляду за ялиною і сосною залежно від відсотків їх наявності у складі лісу; $Z_{я}, Z_{с}$ та $C_{я.Д}, C_{с.Д}$ – середні та додаткові збитки догляду за ялиною і сосною, розраховуємо $Z_{я.В} = (300 + 200 \cdot \eta_{я})$ тис. грн, $Z_{с.В} = (500 + 100 \cdot \eta_{с})$ тис. грн у віці 60 років та $Z_{я.В} = (400 + 200 \cdot \eta_{я})$ тис. грн, $Z_{с.В} = (700 + 150 \cdot \eta_{с})$ тис. грн у віці 100 років і заносимо їх в таблицю.

$\eta_{с},$ %	$\eta_{я},$ %	Вік деревини 60 років			Вік деревини 100 років		
		$\eta_{с} \cdot Z_{с.В},$ тис. грн/га	$\eta_{я} \cdot Z_{я.В},$ тис. грн/га	$Z_{\Sigma},$ тис. грн/га	$\eta_{с} \cdot Z_{с.В},$ тис. грн/га	$\eta_{я} \cdot Z_{я.В},$ тис. грн/га	$Z_{\Sigma},$ тис. грн/га
0	1,0	0	500	500	0	600	600
0,1	0,9	51	432	483	71	522	593
0,2	0,8	104	368	472	144	448	592
0,3	0,7	159	308	467	219	378	597
0,4	0,6	216	252	468	296	312	608
0,5	0,5	275	200	475	375	250	625
0,6	0,4	336	152	488	456	192	648
0,7	0,3	399	108	507	539	138	677
0,8	0,2	464	68	532	624	88	712
0,9	0,1	531	32	563	711	42	753
1,0	0	600	0	600	800	0	800

Отже, з точки зору мінімуму сумарного збитку (Z_{Σ}) оптимальним буде порідний склад лісу: у віці 60 років – 30 % сосни та 70 % ялини; у віці 100 років – 20 % сосни та 80 % ялини (рис. 1, 2). У першому випадку мінімальний сумарний збиток буде становити 467 тис. грн/га, а в другому 592 тис. грн/га, тобто вигідніше заготовляти ліс у віці 60 років.

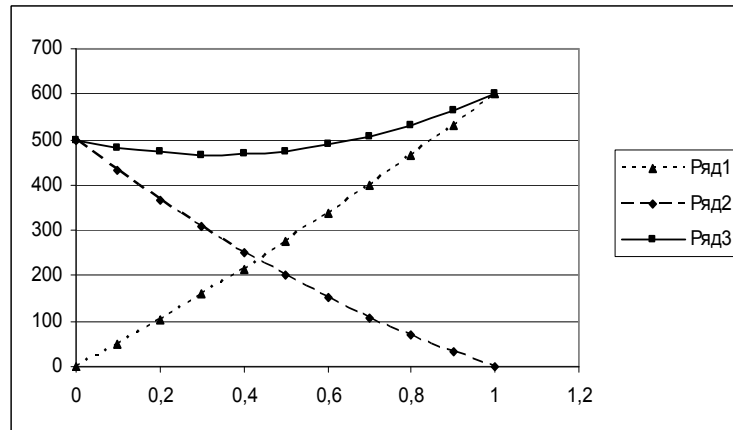


Рис.1. Залежність сумарного збитку (ряд 3) від порідного складу лісу – сосни (ряд 1) та ялини (ряд 2) у віці 60 років

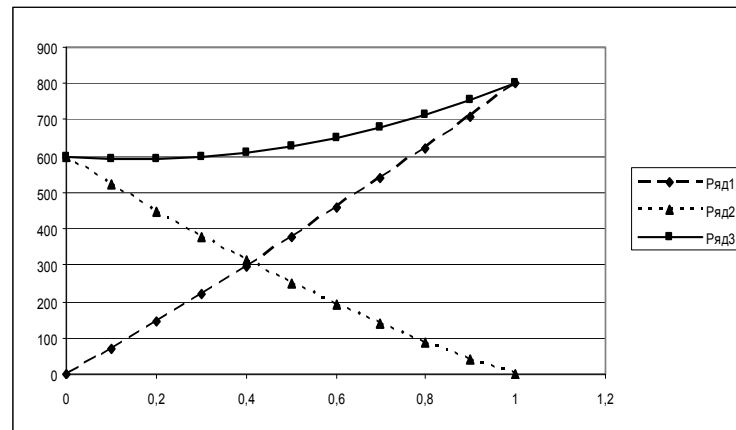


Рис.2. Залежність сумарного збитку (ряд 3) від порідного складу лісу – сосни (ряд 1) та ялини (ряд 2) у віці 100 років

4.1.24. Позитивний економічний ефект заміни старого обладнання новим

Прийняти рішення за критерієм позитивного економічного ефекту щодо заміни старого обладнання переробки деревини новим, якщо термін експлуатації старого обладнання 8* років, нового – 10[◇] років, продуктивність нового обладнання на 20*% вище, приведені витрати на експлуатацію складають 400** грн/рік та 500^{◇◇} грн/рік відповідно, вартість старого обладнання 200^{##} тис. грн, нового – 240^{◇◇} тис. грн.

Розв'язок. За критерієм $E = B_{n.e.C} \cdot k_{np} / 100 - B_{n.e.H} > 0$, де $B_{n.e.C} = B_{e.C} + A_{d.C}$, $B_{n.e.H} = B_{e.H} + A_{d.H}$ – приведені витрати на експлуатацію старого та нового обладнання; $B_{e.C}$, $B_{e.H}$ – відповідні початкові експлуатаційні витрати;

$A_{o.C} = K_{C.O}/T_{C.O}$, $A_{o.H} = K_{H.O}/T_{H.O}$ – додаткові амортизаційні відрахування на утримання старого та нового обладнання; $K_{C.O}$, $K_{H.O}$ – вартість старого та нового обладнання; $T_{C.O}$, $T_{H.O}$ – встановлені терміни експлуатації старого та нового обладнання; k_{np} – відсоток підвищення продуктивності, розраховуємо: $k_{np} = 100 + 20 = 120$ %; $A_{o.C} = 200000 / 8 = 25000$ грн/рік; $A_{o.H} = 240000 / 10 = 24000$ грн/рік; $B_{n.e.C} = 400 + 25000 = 25400$ грн/рік; $B_{n.e.H} = 500 + 24000 = 24500$ грн/рік; $E = 25400 - 24500 = 900$ грн/рік. Отже, заміна старого обладнання новим доцільна, оскільки отримаємо позитивний економічний ефект $E = 900$ грн/рік.

4.1.25. Позитивний економічний ефект від покращання охорони праці

Прийняти рішення за критерієм позитивного економічного ефекту щодо покращання охорони праці, якщо при наявності 200^{##} робочих, фонд робочого часу кожного складає 2000 год./рік, витрати часу за лікарняними листами знижуються від $5^{\#} \cdot 10^{-1}$ відсотка до $2^* \cdot 10^{-1}$ відсотка, а середній годинний заробіток становить $85^{\diamond\diamond} \cdot 10^{-2}$ грн.

Розв'язок. За критерієм $E = 0,75 \cdot D \cdot \Phi \cdot C_p \cdot (e_{31} - e_{32}) / 100 > 0$, де D – кількість робочих, працюючих на підприємстві; Φ – фонд робочого часу кожного робочого; C_p – годинна тарифна ставка працюючого; e_{31} та e_{32} – відсоток травматизму та захворювань, що оплачуються згідно з лікарняними листами, розраховуємо $E = 0,75 \cdot 200 \cdot 2000 \cdot 0,85 \cdot (0,5 - 0,2) / 100 = 765$ грн/рік. Отже, покращання охорони праці доцільно, оскільки отримаємо позитивний економічний ефект $E = 765$ грн/рік.

4.1.26. Позитивний еколого-економічний ефект від проведення заходів щодо боротьби із шкідниками лісу

Прийняти рішення за критерієм позитивного еколого-економічного ефекту щодо проведення заходів боротьби із шкідниками лісу, якщо продуктивність лісу загальною площею 100 га через 10 років зросте на 5^* відсотків, дохід від реалізації деревини становитиме $500^{\diamond\diamond}$ грн/м³·га, одноразові витрати на проведення заходів складають $2^{\#}$ тис. грн, дисконтна ставка дорівнює 3 відсотки.

Розв'язок. За критерієм $E = (C_d \cdot \eta_{\Pi} \cdot S_{\Pi} - B_{\sigma.u}) / (1 + q_d)^{t-1} > 0$, де C_d – ціна деревини; η_{Π} – відсоток підвищення продуктивності лісу; S_{Π} – площа лісу; $B_{\sigma.u}$ – витрати на боротьбу із шкідниками лісу; q_d – дисконтна ставка, розраховуємо еколого-економічний ефект

$E = (500 \cdot 0,05 \cdot 100 - 2000) / (1 + 0,03)^{10-1} = 500 / 1,305 = 383,14$ грн. Отже, проводити заходи щодо боротьби із шкідниками лісу доцільно, оскільки отриманий еколого-економічний ефект $E = 384,6$ грн позитивний.

4.1.27. Позитивний еколого-економічний ефект від підвищення якості продукції лісового господарства

Прийняти рішення щодо підвищення якості продукції лісового господарства від 40** до 44[#] умовних одиниць якості при потужності виробництва 800 тис. одиниць за рік ціною 80 грн за одиницю, якщо час виготовлення одиниці продукції збільшився від 8[#] до 10[◇] годин, середня тарифна ставка робітника становить 3,5 грн за годину.

Розв'язок. За критерієм $E = B_{\Pi} \cdot (C_{\Pi}(K_{Я2} - K_{Я1}) / K_{Я2} - C_T(T_{P2} - T_{P1})) > 0$, де B_{Π} – валовий випуск продукції (програма); C_{Π} – ціна продукції; $K_{Я1}$ та $K_{Я2}$ – показник якості до і після проведення заходів; C_T – середня тарифна ставка робітника; T_{P1} та T_{P2} – час виготовлення одиниці продукції до і після проведення заходів, розраховуємо $E = 800000 \cdot (80 \cdot (44 - 40) / 44 - 3,5 \cdot (10 - 8)) = 218176$ грн за рік. Отже, рішення про підвищення якості продукції лісового господарства можна приймати, оскільки отриманий еколого-економічний ефект $E = 218176$ грн за рік позитивний.

4.1.28. Позитивний еколого-економічний ефект підвищення надійності обладнання переробки продукції лісового господарства

Прийняти рішення за критерієм максимуму економічного ефекту щодо підвищення надійності обладнання переробки продукції лісового господарства, якщо вихідні дані наведені в таблиці.

Назва показника	Базовий варіант	Перший варіант	Другий варіант
Витрати на один виріб, пропорційні випуску, грн	4 [#]	4 [#]	4,2 [◇]
Умовно-постійні витрати за рік, грн	16000	17000	22000
Коефіцієнт технічного використання $K_{Т.В}$	0,6	0,75	0,9

Продовження таблиці

Технічна продуктивність верстата при 100%-ій надійності виробу за годину	10**	10**	10**
Річний фонд часу, год.	4200	4200	4200
Капітальні вкладення та оборотні фонди, грн	20000	26000	30000

Розв'язок. За критерієм $E = (\bar{b}_1 + \frac{H_1 + E_n \cdot K_1}{P_T \cdot \Phi \cdot K_{T.B1}} - \bar{b}_2 - \frac{H_2 + E_n \cdot K_2}{P_T \cdot \Phi \cdot K_{T.B2}}) \cdot P_T \cdot \Phi \cdot K_{T.B2} = \max$, де \bar{b}_1, \bar{b}_2 – витрати на одиницю продукції

пропорційні випуску; H_1, H_2 – річна сума умовно постійних витрат; K_1, K_2 – виробничі фонди; $K_{T.B1}, K_{T.B2}$ – коефіцієнти технічного використання верстатів до (1) та після (2) проведення заходів; P_T – продуктивність; Φ – річний фонд часу роботи, порівнюємо перший варіант із базовим шляхом розрахунку $E' = (4 + \frac{16000 + 0,12 \cdot 20000}{10 \cdot 4200 \cdot 0,6} - 4 - \frac{17000 + 0,12 \cdot 26000}{10 \cdot 4200 \cdot 0,75}) \cdot 10 \cdot 4200 \cdot 0,75 = 2880$ грн.

Отриманий результат свідчить, що перший варіант краще базового, оскільки підвищення надійності верстата дає 2880 грн економії на кожен верстат за рік. Порівнюємо другий варіант із першим шляхом розрахунку $E'' = (4 + \frac{17000 + 0,12 \cdot 26000}{10 \cdot 4200 \cdot 0,75} - 4,2 - \frac{22000 + 0,12 \cdot 30000}{10 \cdot 4200 \cdot 0,9}) \cdot 10 \cdot 4200 \cdot 0,9 = -9016$ грн.

Отриманий результат свідчить, що другий варіант гірше першого, тобто значне підвищення надійності верстата (коефіцієнта технічного використання) до 0,9 не виправдане, оскільки не лише не дає ефекту, але є збитковим. Отже, найбільш ефективним є перший варіант, який дає максимальний економічний ефект.

4.1.29. Позитивний економічний ефект реалізації програми зниження собівартості та підвищення продуктивності праці в лісовому господарстві

Прийняти рішення за критерієм позитивного економічного ефекту від реалізації типової програми зниження собівартості щорічно на 2% та підвищення продуктивності праці в лісовому господарстві щорічно на 5%, якщо на початок реалізації програми собівартість складала 100^{##} грн/од. продукції, продуктивність – 5000^{◆◆} од./рік, програма розрахована на 5* років, вартість програми 10000 грн.

Розв'язок. За критерієм $E = C_B \cdot B_{II} \cdot (1 - \eta_c)^{t-1} \cdot (1 + \eta_B)^{t-1} - E_H \cdot K_{II} \cdot (1 + q_D)^{t-1} > 0$, де C_B – собівартість виробництва продукції лісового господарства на початок реалізації програми; B_{II} – виробнича потужність на початок дії програми; η_c та η_B – відсоток зниження собівартості та підвищення продуктивності; $q_D = 0,03$ – дисконтна ставка, розраховуємо $E = 100 \cdot 5000 \cdot (1 - 0,02)^{5-1} \cdot (1 + 0,05)^{5-1} - 0,12 \cdot 10000 \cdot (1 + 0,03)^{5-1} = 559221,46$ грн/рік. Отже, приймаємо рішення на придбання та застосування програми, оскільки отримаємо позитивний економічний ефект $E = 559221,46$ грн.

4.1.30. Позитивний економічний ефект використання комплексу навісних знарядь виробництва в лісовому господарстві

Прийняти рішення за критерієм позитивного економічного ефекту від використання стандартного трактора з навісними знаряддями, який коштує 95** тис. грн і замінює комплект спеціальних машин вартістю 150^{◆◆} тис. грн, виконує обсяг робіт за 25 годин, на котрі спеціальні знаряддя витрачають 20 годин, враховуючи переналадку та меншу пристосованість до виконання окремих видів робіт. Середня вартість однієї машино-зміни 120 грн для стандартного трактора і 100 грн для спеціального обладнання, амортизаційні відрахування складають 10 %.

Розв'язок. За критерієм $E = (E_H + A_H) \cdot (K_{C.O} - K_{C.T}) - (T_{C.T} \cdot C_{M.З.T} - T_{C.O} \cdot C_{M.З.C}) > 0$, де $E_H = 0,12$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; A_H – норма амортизації техніки; $K_{C.O}$ та $K_{C.T}$ – вартість спеціального обладнання і трактора; $T_{C.O}$ та $T_{C.T}$ – термін виконання робіт стандартним обладнанням і трактором; $C_{M.З.C}$ та $C_{M.З.T}$ – вартість однієї машино-зміни спеціального обладнання і трактора, розраховуємо $E = (0,12 + 0,1) \cdot (150000 - 95000) - (25 \cdot 120 - 20 \cdot 100) = 11100$ грн. Отже, використовувати стандартний трактор з навісними знаряддями вигідніше, оскільки отримаємо позитивний економічний ефект $E = 11100$ грн.

4.1.31. Позитивний еколого-економічний ефект розведення диких тварин

Прийняти рішення за критерієм позитивного еколого-економічного ефекту щодо розведення диких тварин з метою мисливства, якщо капітальні витрати на розведення тварин складають $2^{\#} \cdot 10^5$ грн, собівартість догляду за тваринами дорівнює $1^* \cdot 10^4$ грн/рік, середньорічний дохід від продажу ліцензій становитиме $5^{\diamond} \cdot 10^4$ грн/рік,

екологічні збитки у вартісному еквіваленті передбачаються у розмірі 5000 грн/рік.

Розв'язок. За критерієм $E = D - (C + E_H \cdot K) - Z_c > 0$, де $E_H = 0,12$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; D – середньорічний дохід від продажу ліцензій; C – собівартість догляду за тваринами; K – капіталовкладення на організацію мисливського господарства; Z_c – екологічні збитки, що спричиняють дикі тварини, розраховуємо $E = 50000 - (10000 + 0,12 \cdot 200000) - 5000 = 11000$ грн/рік. Отже, розведення диких тварин доцільно, оскільки буде отримано позитивний еколого-економічний ефект $E = 11000$ грн/рік за рахунок мисливської діяльності.

4.1.32. Позитивний еколого-економічний ефект застосування агрегатного обладнання в лісовому господарстві

Прийняти рішення за критерієм позитивного еколого-економічного ефекту щодо застосування агрегатного обладнання в лісовому господарстві, якщо річний випуск дорівнює 100000 виробів, вартість одиниці універсального обладнання складає 1000 грн, агрегатного – 2000 грн, спеціального – 5000 грн, час обробки виробів на обладнанні універсальному – 1 година, агрегатному – 0,1 години, спеціальному – 0,02 години, термін виготовлення виробів – 5[◇] років, термін створення агрегатного обладнання – 1* рік, спеціального – 3[#] роки, погодинна заробітна плата робітника – 0,5 грн, фонд часу універсального обладнання – 4200 годин за рік, коефіцієнт завантаження – 0,9, відсоток амортизації обладнання – 10 %.

Розв'язок. За критерієм

$$E = C_{C.O} - C_{A.O} + E_H \cdot [(T_B - T_{B.C}) \cdot C_{C.O} - (T_B - T_{B.A}) \cdot C_{A.O}] + B \cdot C_P \cdot [(T_B - T_{B.C}) \cdot T_{СП} - (T_B - T_{B.A}) \cdot T_A + (T_{B.C} - T_{B.A}) \cdot T_V] + (E_H + A/100) \cdot (T_{B.C} - T_{B.A}) \cdot T_V \cdot C_{V.O} \cdot B / K_3 \cdot \Phi > 0,$$

де $C_{V.O}$, $C_{C.O}$, $C_{A.O}$ – ціна універсального, спеціального, агрегатного обладнання;

T_V , T_C , T_A – час обробки виробів на універсальному, спеціальному, агрегатному обладнанні;

T_B – термін виготовлення виробів;

$T_{B.C}$, $T_{B.A}$ – термін створення спеціального та агрегатного обладнання;

C_P – погодинна заробітна плата робітника;

Φ – фонд часу універсального обладнання;

K_3 – коефіцієнт завантаження обладнання;

A – відсоток амортизації обладнання, розраховуємо
 $E = 5000 - 2000 + 0,12 \cdot [(5 - 3) \cdot 5000 - (5 - 1) \cdot 2000] + 100000 \cdot 0,5 \cdot [(5 - 3) \cdot 0,02 - (5 - 1) \cdot 0,1 + (3 - 1) \cdot 1] + (0,12 + 10/100) \cdot (3 - 1) \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 100000 / 0,9 \cdot 4200 = 96880$.

Отже, приймаємо рішення на застосування агрегатного обладнання, оскільки отримаємо позитивний еколого-економічний ефект $E = 96880$ грн.

4.1.33. Позитивний економічний ефект від заміни спеціального обладнання агрегатним

Прийняти рішення за критерієм позитивного економічного ефекту від заміни спеціального обладнання агрегатним, якщо: вартість спеціального обладнання 1000*** грн; вартість комплексу вузлів, з яких збирається 75[◇] конструкцій – 50000 грн; час обробки виробів на спеціальному обладнанні – одна година, на агрегатному – дві години; амортизаційні відрахування на спеціальне обладнання дорівнює 20 %, на агрегатне – 10 %; погодинна заробітна плата із нарахуваннями дорівнює 0,5 грн; кількість виробів, що виготовляються, – 50 штук.

Розв'язок. За критерієм

$$E = (E_H + A_1/100) \cdot C_{C.O} - (100 \cdot E_H + A_2) \cdot C_{A.O} / 100 \cdot B_A - B \cdot C_P \cdot (T_A - T_{СП}) > 0,$$

де $E_H = 0,12$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

A_1, A_2 – амортизаційні відрахування на агрегатне та спеціальне обладнання;

$C_{C.O}, C_{A.O}$ – вартість спеціального та агрегатного обладнання;

B_A – кількість конструкцій, які збираються із комплексу вузлів агрегатного обладнання;

B – річний випуск (програма);

C_P – погодинна тарифна ставка робітника;

$T_A, T_{СП}$ – річна трудоемкість агрегатного та спеціального обладнання, розраховуємо

$$E = (0,12 + 20/100) \cdot 1000 - (100 \cdot 0,12 + 10) \cdot 50000 / 100 \cdot 75 - 50 \cdot 0,5 \cdot (2 - 1) = 148$$

Отже, приймаємо рішення на заміну спеціального обладнання агрегатним, оскільки отримаємо позитивний економічний ефект $E = 148$ грн/рік.

4.1.34. Позитивний економічний ефект від прискорення освоєння нової техніки

Прийняти рішення за критерієм позитивного економічного ефекту від прискорення освоєння нової техніки з 2,5[#] до 2* років, якщо середній дохід при використанні цієї техніки дорівнює 100^{◇◇} тис. грн/рік.

Розв'язок. За критерієм $E = E_H \cdot E_T \cdot (T_{II} - T_{\Phi}) > 0$, де $E_H = 0,12$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; E_T – річний економічний ефект від впровадження нової техніки при повному її

освоєнні; T_{Π} , T_{Φ} – проєктований та фактичний термін освоєння техніки, розраховуємо $E = 0,12 \cdot 100000 \cdot (2,5 - 2) = 6000$ грн/рік. Отже, приймаємо рішення щодо прискорення освоєння нової техніки, оскільки отримаємо позитивний економічний ефект $E = 6000$ грн/рік.

4.1.35. Позитивний економічний ефект від стандартизації матеріалів, які використовуються у виробництві лісгосподарської продукції

Прийняти рішення за критерієм позитивного економічного ефекту щодо використання стандартизованих матеріалів, які використовуються у виробництві лісгосподарської продукції, якщо собівартість 1 кг матеріалу зменшилась від 4[#] до 3* грн, питомі капіталовкладення збільшилися від 2* до 6[◇] грн/кг, після впровадження стандарту використовується 10000 кг матеріалу за рік, ціна матеріалу до стандартизації складала 5 грн/кг, із матеріалу виготовляються два види виробів обсягом: 1) 3000 од./рік при витратах матеріалу 2 кг/од. до стандартизації, 1,6 кг/од. після стандартизації, питомі капіталовкладення складають 10 та 20 грн./од. відповідно; 2) 2000 од./рік при витратах матеріалу 3 кг/од. до стандартизації, 2,6 кг/од. після стандартизації, питомі капіталовкладення складають 8 та 16 грн/од. відповідно.

Розв'язок. За критерієм

$$E = [(C_1 + E_H \cdot K_1) - (C_2 + E_H \cdot K_2)] \cdot B_2 + \sum_{i=1}^{N_{B,\Pi}} [(C'_{1i} + E_H \cdot K'_{1i}) - (C'_{2i} + E_H \cdot K'_{2i})] \cdot B'_{2i} > 0,$$

де $E_H = 0,12$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

C_1, C_2 – собівартість одиниці матеріалу до і після стандартизації;

K_1, K_2 – відповідні капіталовкладення;

B_2 – річний випуск (програма) стандартизованого матеріалу;

C'_{1i}, C'_{2i} – собівартість одиниці i -ої продукції, що виробляється із нестандартизованого та стандартизованого матеріалу;

K'_{1i}, K'_{2i} – питомі виробничі фонди виготовлення одиниці i -ої продукції до і після стандартизації матеріалів;

B_2 – річний випуск (програма) i -ої продукції після стандартизації;

$N_{B,\Pi}$ – число видів продукції, які виготовляються із використанням стандартизованого матеріалу, розраховуємо економічний ефект від виробництва:

1) матеріалу $E_M = [(4 + 0,12 \cdot 2) - (3 + 0,12 \cdot 6)] \cdot 10000 = 5200$ грн/рік;

2) першого виробу

$E_{\Pi} = [(5 \cdot 2 + 0,12 \cdot 10) - (5 \cdot 1,6 + 0,12 \cdot 20)] \cdot 3000 = 2400$ грн/рік;

3) другого виробу

$E_{II2} = [(5 \cdot 3 + 0,12 \cdot 8) - (5 \cdot 2,6 + 0,12 \cdot 16)] \cdot 2000 = 2080$ грн/рік. Сумарний економічний ефект $E_{\Sigma} = E_M + E_{II1} + E_{II2} = 5200 + 2400 + 2080 = 9680$ грн/рік. Отже, приймаємо рішення використовувати стандартизовані матеріали у виробництві продукції лісового господарства, оскільки отримаємо позитивний економічний ефект $E_{\Sigma} = 9680$ грн/рік.

4.1.36. Позитивний економічний ефект від зміни міжремонтних термінів експлуатації машин

Прийняти рішення за критерієм позитивного економічного ефекту щодо зміни міжремонтних (в середньому від $10^{\#}$ до 12^{\diamond} років) термінів експлуатації десяти машин вартістю по 100** тис. грн кожна при щорічному збільшенні витрат на ремонт 60 грн на одну машину. Визначити оптимальний міжремонтний термін при вартості машини після ремонту 90000 грн.

Розв'язок. За критерієм $E = N_M \cdot [C_M \cdot (1/T_{P1} - 1/T_{P2}) + P \cdot (T_{P1} - T_{P2})/2] > 0$,

де N_M – кількість машин у лісгоспі;

C_M – середня вартість однієї машини;

T_{P1}, T_{P2} – міжремонтний ресурс експлуатації машини до та після прийняття рішення;

P – сума щорічного збільшення витрат на ремонт однієї машини, розраховуємо $E = 10 \cdot [100000 \cdot (1/10 - 1/12) + 60 \cdot (10 - 12)/2] = 16066,7$ грн. Отже, рішення на збільшення міжремонтного терміну можна приймати, оскільки отримаємо позитивний економічний ефект $E = 16066,7$ грн/рік.

Оптимальний міжремонтний термін знаходимо за формулою $T_{оп} = \sqrt{2 \cdot (C_M - B_p) / P}$, де B_p – вартість машини після ремонту, тобто $T_{оп} = \sqrt{2 \cdot (100000 - 90000) / 60} = 18$ років.

4.2. Застосування ігрових критеріїв

4.2.1. Максимум математичного очікування доходу (Байєса)

Прийняти рішення за критерієм Байєса (B_a^+) максимуму математичного очікування доходу від реалізації одного з трьох лісових ресурсів $\{R_1, R_2, R_3\}$ в трьох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2, q_3\}$,

якщо відповідні доходи (D) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3
R_1	0,5	100	0,4	150	0,1	200 ^{##}
R_2	0,01	3600	0,79	100**	0,2	180
R_3	0,2	210 ^{◆◆}	0	5000	0,8	120

Розв'язок. За критерієм $B_a^+ = \max_{(i)} M[f_{ij}^+] = \max_{(i)} \overline{f_{ij}^+} = \max_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot P_j$

розраховуємо математичні очікування доходу для варіантів реалізації лісових ресурсів:

1) $M[D/R_1] = 0,5 \cdot 100 + 0,4 \cdot 150 + 0,1 \cdot 200 = 130$ грн/од.;

2) $M[D/R_2] = 0,01 \cdot 3600 + 0,79 \cdot 100 + 0,2 \cdot 180 = 151$ грн/од.;

3) $M[D/R_3] = 0,2 \cdot 210 + 0 \cdot 5000 + 0,8 \cdot 120 = 138$ грн/од. Отже, за обраним критерієм оптимальним є другий варіант.

4.2.2. Мінімум математичного очікування збитку (Байсса)

Прийняти рішення за критерієм Байсса (B_a^-) мінімуму математичного очікування збитку від реалізації одного з трьох варіантів рубок догляду $\{R_1, R_2, R_3\}$ в трьох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2, q_3\}$, якщо відповідні витрати (B) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3
R_1	0,5	100	0,4	150	0,1	200 ^{##}
R_2	0,01	3600	0,79	100**	0,2	180
R_3	0,2	210 ^{◆◆}	0	5000	0,8	120

Розв'язок. За критерієм $B_a^- = \min_{(i)} M[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \overline{f_{ij}^-} = \min_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot P_j$

розраховуємо математичні очікування витрат для варіантів рубок догляду:

1) $M[D/B_1] = 0,5 \cdot 100 + 0,4 \cdot 150 + 0,1 \cdot 200 = 130$ грн/од.;

2) $M[D/B_2] = 0,01 \cdot 3600 + 0,79 \cdot 100 + 0,2 \cdot 180 = 151$ грн/од.;

3) $M[D/B_3] = 0,2 \cdot 210 + 0 \cdot 5000 + 0,8 \cdot 120 = 138$ грн/од. Отже, за обраним критерієм оптимальним є перший варіант.

4.2.3. Максимум математичного очікування ризику доходу (Бернулі)

Прийняти рішення за критерієм Бернулі (B_e^+) максимуму математичного очікування ризику отримання доходу від реалізації одного з трьох лісових ресурсів $\{R_1, R_2, R_3\}$ в трьох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2, q_3\}$, якщо відповідні доходи (D) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3
R_1	0,5	100	0,4	150	0,1	200 ^{##}
R_2	0,01	3600	0,79	100 ^{**}	0,2	180
R_3	0,2	210 ^{◆◆}	0	5000	0,8	120

Розв'язок. За критерієм $B_e^+ = \max_{(i)} M[r_{ij}^+] = \max_{(i)} \overline{r_{ij}^+} = \max_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot P_j$ розраховуємо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$ для різних варіантів реалізації лісових ресурсів і станів навколишнього середовища, заносимо їх в таблицю та розраховуємо математичні очікування ризиків для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3
R_1	0,5	100	0,4	50	0,1	0
R_2	0,01	0	0,79	3500	0,2	3420
R_3	0,2	4790	0	0	0,8	4880

- 1) $M[r/R_1] = 0,5 \cdot 100 + 0,4 \cdot 50 + 0,1 \cdot 0 = 70$ грн/од.;
- 2) $M[r/R_2] = 0,01 \cdot 0 + 0,79 \cdot 3500 + 0,2 \cdot 3420 = 2801$ грн/од.;
- 3) $M[r/R_3] = 0,2 \cdot 4790 + 0 \cdot 0 + 0,8 \cdot 4880 = 39998$ грн/од. Отже, за обраним критерієм оптимальним є третій варіант.

4.2.4. Мінімум математичного очікування ризику збитку (Бернулі)

Прийняти рішення за критерієм Бернулі (B_e^-) мінімуму математичного очікування ризиків збитку від реалізації одного з трьох варіантів рубок догляду $\{R_1, R_2, R_3\}$ в трьох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2, q_3\}$, якщо відповідні витрати (B) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3
R_1	0,5	100	0,4	150	0,1	200 ^{##}
R_2	0,01	3600	0,79	100**	0,2	180
R_3	0,2	210 ^{◆◆}	0	5000	0,8	120

Розв'язок. За критерієм $B_e^- = \min_{(i)} M[r_{ij}^-] = \min_{(i)} \overline{r_{ij}^-} = \min_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot P_j$ розраховуємо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$ для різних варіантів реалізації лісових ресурсів і станів навколишнього середовища, заносимо їх в таблицю та розраховуємо математичні очікування ризиків для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3
R_1	0,5	0	0,4	50	0,1	100
R_2	0,01	3500	0,79	0	0,2	80
R_3	0,2	90	0	4880	0,8	0

- 1) $M[r/R_1] = 0,5 \cdot 0 + 0,4 \cdot 50 + 0,1 \cdot 100 = 30$ грн/од.;
- 2) $M[r/R_2] = 0,01 \cdot 3500 + 0,79 \cdot 0 + 0,2 \cdot 80 = 51$ грн/од.;
- 3) $M[r/R_3] = 0,2 \cdot 90 + 0 \cdot 4880 + 0,8 \cdot 0 = 18$ грн/од.

Отже, за обраним критерієм оптимальним є третій варіант.

4.2.5. Максимум математичного очікування і мінімум дисперсії доходу (Байєса)

Прийняти рішення за критерієм Байєса (B_a^+) максимуму математичного очікування і мінімуму дисперсії доходу від реалізації одного з трьох лісових ресурсів $\{R_1, R_2, R_3\}$ в двох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2\}$, якщо відповідні доходи (D) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	D_1	p_2	D_2
R_1	0,5	200 ^{##}	0,5	100
R_2	0,99	151 ^{◆◆}	0,01	51
R_3	0,4	120	0,6	80 ^{**}

Розв'язок. За критерієм $B_a^+ = \max_{(i)} M[f_{ij}^+] = \max_{(i)} \overline{f_{ij}^+} = \max_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot P_j$

розраховуємо математичні очікування доходу для варіантів реалізації лісових ресурсів:

$$1) M[D/R_1] = 0,5 \cdot 200 + 0,5 \cdot 100 = 150 \text{ грн/од.};$$

$$2) M[D/R_2] = 0,99 \cdot 151 + 0,01 \cdot 51 = 150 \text{ грн/од.};$$

$$3) M[D/R_3] = 0,4 \cdot 120 + 0,6 \cdot 80 = 96 \text{ грн/од.}$$

Отже, за обраним критерієм прийнятними є перший та другий варіанти. Для того, щоб зняти невизначеність для перших двох варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} D[f_{ij}^+] = \min_{(i)} \sum_{(j)} (f_{ij}^+ - \overline{f_{ij}^+})^2 \cdot P_j$, кількісне значення якого розраховуємо для

варіантів:

$$1) D_{R1} = (150 - 200)^2 \cdot 0,5 + (150 - 100)^2 \cdot 0,5 = 2500 \text{ (грн/од.)}^2;$$

$$2) D_{R2} = (150 - 151)^2 \cdot 0,99 + (150 - 51)^2 \cdot 0,01 = 99 \text{ (грн/од.)}^2.$$

Тобто, найбільший дохід з найменшою похибкою буде отримано у другому варіанті рішення.

4.2.6. Максимум математичного очікування і мінімум коефіцієнта коваріації доходу (Байєса)

Прийняти рішення за критерієм Байєса (B_a^+) максимуму математичного очікування і мінімуму коефіцієнта коваріації доходу від реалізації одного з трьох лісових ресурсів $\{R_1, R_2, R_3\}$ в двох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2\}$, якщо відповідні доходи (D) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	D_1	p_2	D_2
R_1	0,5	200	0,5	100 ^{**}
R_2	0,99	151 ^{##}	0,01	51
R_3	0,4	120 ^{◆◆}	0,6	80

Розв'язок. За критерієм $B_a^+ = \max_{(i)} M[f_{ij}^+] = \max_{(i)} \overline{f_{ij}^+} = \max_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot P_j$

розраховуємо математичні очікування доходу для варіантів реалізації лісових ресурсів:

$$1) M[D/R_1] = 0,5 \cdot 200 + 0,5 \cdot 100 = 150 \text{ грн/од.};$$

$$2) M[D/R_2] = 0,99 \cdot 151 + 0,01 \cdot 51 = 150 \text{ грн/од.};$$

$$3) M[D/R_3] = 0,4 \cdot 120 + 0,6 \cdot 80 = 96 \text{ грн/од.}$$

Отже, за обраним критерієм прийнятними є перший та другий варіанти. Для того, щоб зняти невизначеність для перших двох варіантів, застосуємо критерій мінімуму питомої похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[f_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{f_{ij}} / M[f_{ij}^+]$, де $\sigma_{f_{ij}} = \sqrt{D[f_{ij}^+]}$ – середньоквадратичне відхилення f_{ij}^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) D_{R1} = (150 - 200)^2 \cdot 0,5 + (150 - 100)^2 \cdot 0,5 = 2500 \text{ (грн/од.)}^2,$$

$$C_{vR1} = \sqrt{2500} / 150 = 0,33 \text{ грн/од.};$$

$$2) D_{R2} = (150 - 151)^2 \cdot 0,99 + (150 - 51)^2 \cdot 0,01 = 99 \text{ (грн/од.)}^2,$$

$$C_{vR2} = \sqrt{99} / 150 = 0,066 \text{ грн/од.}$$

Тобто, найбільший дохід з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у другому варіанті рішення.

4.2.7. Мінімум математичного очікування і дисперсії збитку (Байєса)

Прийняти рішення за критерієм Байєса (B_a^-) мінімуму математичного очікування і дисперсії збитку від реалізації однієї з трьох схем трелювання лісу $\{R_1, R_2, R_3\}$ в двох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2\}$, якщо відповідні витрати (B) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	B_1	p_2	B_2
R_1	0,5	200	0,5	100 ^{##}
R_2	0,99	151 ^{**}	0,01	51
R_3	0,4	120	0,6	180 ^{◆◆}

Розв'язок. За критерієм $B_a^- = \min_{(i)} M[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \overline{f_{ij}^-} = \min_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot P_j$

розраховуємо математичні очікування витрат для варіантів схем трелювання:

- 1) $M[B/R_1] = 0,5 \cdot 200 + 0,5 \cdot 100 = 150$ грн/од.;
- 2) $M[B/R_2] = 0,99 \cdot 151 + 0,01 \cdot 51 = 150$ грн/од.;
- 3) $M[B/R_3] = 0,4 \cdot 120 + 0,6 \cdot 180 = 156$ грн/од.

Отже, за обраним критерієм прийнятними є перший та другий варіанти. Для того, щоб зняти невизначеність, для перших двох варіантів застосуємо критерій мінімуму дисперсії збитку від реалізації однієї з трьох схем трелювання лісу, тобто $\min_{(i)} D[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \sum_{(j)} (f_{ij}^- - \bar{f}_i^-)^2 \cdot P_j$, кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

- 1) $D_{R1} = (150 - 200)^2 \cdot 0,5 + (150 - 100)^2 \cdot 0,5 = 2500$ (грн/од.)²;
- 2) $D_{R2} = (150 - 151)^2 \cdot 0,99 + (150 - 51)^2 \cdot 0,01 = 99$ (грн/од.)². Тобто, найменший збиток з найменшою похибкою буде отримано у другому варіанті рішення.

4.2.8. Мінімум математичного очікування і коефіцієнта коваріації збитку (Байеса)

Прийняти рішення за критерієм Байеса (B_a^-) мінімуму математичного очікування і коефіцієнта коваріації збитку від реалізації однієї з трьох схем трелювання лісу $\{R_1, R_2, R_3\}$ в двох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2\}$, якщо відповідні доходи (D) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	B_1	p_2	B_2
R_1	0,5	200 ^{◆◆}	0,5	100
R_2	0,99	151	0,01	51**
R_3	0,4	120 ^{##}	0,6	180

Розв'язок. За критерієм $B_a^- = \min_{(i)} M[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \bar{f}_i^- = \min_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot P_j$

розраховуємо математичні очікування доходу для варіантів реалізації лісових ресурсів:

- 1) $M[B/R_1] = 0,5 \cdot 200 + 0,5 \cdot 100 = 150$ грн/од.;
- 2) $M[B/R_2] = 0,99 \cdot 151 + 0,01 \cdot 51 = 150$ грн/од.;
- 3) $M[B/R_3] = 0,4 \cdot 120 + 0,6 \cdot 180 = 156$ грн/од.

Отже, за обраним критерієм прийнятними є перший та другий варіанти. Для того, щоб зняти невизначеність для перших двох варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \sigma_{f_{ij}^-} / M[f_{ij}^-]$, де $\sigma_{f_{ij}^-} = \sqrt{D[f_{ij}^-]}$ – середньоквадратичне відхилення f_{ij}^- , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) D_{R_1} = (150 - 200)^2 \cdot 0,5 + (150 - 100)^2 \cdot 0,5 = 2500 \quad (\text{грн./од.})^2,$$

$$C_{VR_1} = \sqrt{2500} / 150 = 0,33, \text{ грн/од.};$$

$$2) D_{R_2} = (150 - 151)^2 \cdot 0,99 + (150 - 51)^2 \cdot 0,01 = 99 \text{ (грн/од.)}^2,$$

$$C_{VR_2} = \sqrt{99} / 150 = 0,066 \text{ грн/од.}$$

Тобто, найменший збиток з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у другому варіанті рішення.

4.2.9. Максимум математичного очікування і мінімум дисперсії ризику доходу (Бернулі)

Прийняти рішення за критерієм Бернулі (B_e^+) максимуму математичного очікування і мінімуму дисперсії ризику отримання доходу від реалізації одного з трьох лісових ресурсів $\{R_1, R_2, R_3\}$ в двох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2\}$, якщо відповідні доходи (D) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	D_1	p_2	D_2
R_1	0,5	150	0,5	100**
R_2	0,99	151 ^{◆◆}	0,01	51
R_3	0,4	120	0,6	180 ^{###}

Розв'язок: За критерієм $B_e^+ = \max_{(i)} M[r_{ij}^+] = \max_{(i)} \overline{r_{ij}^+} = \max_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot P_j$ розраховуємо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$ для різних варіантів реалізації лісових ресурсів і станів навколишнього середовища, заносимо їх в таблицю та розраховуємо математичні очікування ризиків для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	r_1	p_2	r_2
R_1	0,5	0	0,5	50
R_2	0,99	0	0,01	100
R_3	0,4	60	0,6	0

- 1) $M[r/R_1] = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ грн/од.};$
- 2) $M[r/R_2] = 0,99 \cdot 0 + 0,01 \cdot 100 = 1 \text{ грн/од.};$
- 3) $M[r/R_3] = 0,4 \cdot 60 + 0,6 \cdot 0 = 24 \text{ грн/од.}$

Отже, за обраним критерієм прийнятними є перший та третій варіанти рішень. Для того, щоб зняти невизначеність для цих варіантів застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} D[r_{ij}^+] = \min_{(i)} \sum_{(j)} (r_{ij}^+ - \bar{r}_i^+)^2 \cdot P_j$, кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

- 1) $D_{R_1} = (25 - 0)^2 \cdot 0,5 + (25 - 50)^2 \cdot 0,5 = 625$ (грн/од.)²;
- 3) $D_{R_3} = (24 - 60)^2 \cdot 0,4 + (24 - 0)^2 \cdot 0,6 = 864$ (грн/од.)².

Тобто, найбільший ризик з найменшою похибкою буде отримано у першому варіанті рішення.

4.2.10. Максимум математичного очікування і мінімум коефіцієнта коваріації ризику доходу (Бернулі)

Прийняти рішення за критерієм Бернулі (B_e^+) максимуму математичного очікування і мінімуму коефіцієнта коваріації ризику отримання доходу від реалізації одного з трьох лісових ресурсів $\{R_1, R_2, R_3\}$ в двох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2\}$, якщо відповідні доходи (D) грн./од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	D_1	p_2	D_2
R_1	0,5	150**	0,5	100
R_2	0,99	151 ^{◆◆}	0,01	51
R_3	0,4	120	0,6	180 ^{###}

Розв'язок. За критерієм $B_e^+ = \max_{(i)} M[r_{ij}^+] = \max_{(i)} \bar{r}_i^+ = \max_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot P_j$ розраховуємо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$ для різних варіантів реалізації лісових ресурсів і станів навколишнього середовища, заносимо їх в таблицю та розраховуємо математичні очікування доходу для варіантів реалізації лісових ресурсів:

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	r_1	p_2	r_2
R_1	0,5	0	0,5	50
R_2	0,99	0	0,01	100
R_3	0,4	60	0,6	0

- 1) $M[r/R_1] = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 50 = 25$ грн/од.;
- 2) $M[r/R_2] = 0,99 \cdot 0 + 0,01 \cdot 100 = 1$ грн/од.;
- 3) $M[r/R_3] = 0,4 \cdot 60 + 0,6 \cdot 0 = 24$ грн/од.

Отже, за обраним критерієм прийнятними є перший та третій варіанти рішень. Для того, щоб зняти невизначеність для цих варіантів, застосуємо критерій мінімуму питомої похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[f_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{f_{ij}} / M[f_{ij}^+]$, де $\sigma_{f_{ij}} = \sqrt{D[f_{ij}^+]}$ – середньоквадратичне відхилення f_{ij}^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

- 1) $D_{R1} = (25 - 0)^2 \cdot 0,5 + (25 - 50)^2 \cdot 0,5 = 625$ (грн/од.)² $C_{VR1} = \sqrt{625} / 25 = 1$;
- 3) $D_{R3} = (24 - 60)^2 \cdot 0,4 + (24 - 0)^2 \cdot 0,6 = 864$ (грн/од.)²

$C_{VR3} = \sqrt{864} / 24 = 1,22$ грн/од. Тобто, найбільший дохід з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у першому варіанті рішення.

4.2.11. Мінімум математичного очікування і дисперсії ризику збитку (Бернулі)

Прийняти рішення за критерієм Бернулі (B_e^-) мінімуму математичного очікування і дисперсії ризику збитку від реалізації однієї з трьох схем трелювання лісу $\{R_1, R_2, R_3\}$ в двох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2\}$, якщо відповідні витрати (B) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	B_1	p_2	B_2
R_1	0,5	172 ^{◆◆}	0,5	100
R_2	0,99	151	0,01	51 ^{**}
R_3	0,4	120 ^{###}	0,6	180

Розв'язок. За критерієм $B_e^- = \min_{(i)} M[r_{ij}^-] = \min_{(i)} \overline{r_{ij}^-} = \min_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot P_j$ розраховуємо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та розраховуємо математичні очікування ризиків витрат для варіантів схем трелювання:

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	r_1	p_2	r_2
R_1	0,5	72	0,5	0
R_2	0,99	100	0,01	0
R_3	0,4	0	0,6	60

- 1) $M[r/R_1] = 0,5 \cdot 72 + 0,5 \cdot 0 = 36$ грн/од.;
- 2) $M[r/R_2] = 0,99 \cdot 100 + 0,01 \cdot 0 = 99$ грн/од.;
- 3) $M[r/R_3] = 0,4 \cdot 0 + 0,6 \cdot 60 = 36$ грн/од.

Отже, за обраним критерієм прийнятними є перший та третій варіанти рішень. Щоб зняти невизначеність для першого та третього варіантів застосуємо критерій мінімуму дисперсії ризику збитку від реалізації схем трелювання лісу, тобто $\min_{(i)} D[r_{ij}^-] = \min_{(i)} \sum_{(j)} (r_{ij}^- - \bar{r}_i^-)^2 \cdot P_j$,

кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

- 1) $D_{R_1} = (36 - 72)^2 \cdot 0,5 + (36 - 0)^2 \cdot 0,5 = 1296$ (грн/од.)²;
- 3) $D_{R_3} = (36 - 0)^2 \cdot 0,4 + (36 - 60)^2 \cdot 0,6 = 864$ (грн/од.)². Тобто, найменший

ризик збитку з найменшою похибкою буде отримано у третьому варіанті рішення.

4.2.12. Мінімум математичного очікування і коефіцієнта коваріації ризику збитку (Бернулі)

Прийняти рішення за критерієм Бернулі (B_e^-) мінімуму математичного очікування і коефіцієнта коваріації збитку від реалізації однієї з трьох схем трелювання лісу $\{R_1, R_2, R_3\}$ в двох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2\}$, якщо відповідні витрати (B) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	B_1	p_2	B_2
R_1	0,5	172	0,5	100**
R_2	0,99	151 ^{##}	0,01	51
R_3	0,4	120	0,6	180 ^{◆◆}

Розв'язок. За критерієм $B_e^- = \min_{(i)} M[r_{ij}^-] = \min_{(i)} \bar{r}_i^- = \min_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_j$

розраховуємо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та розраховуємо математичні очікування ризиків витрат для варіантів схем трелювання:

Ресурс	q_1		q_2	
	p_1	r_1	p_2	r_2
R_1	0,5	72	0,5	0
R_2	0,99	100	0,01	0
R_3	0,4	0	0,6	60

- 1) $M[r/R_1] = 0,5 \cdot 72 + 0,5 \cdot 0 = 36$ грн/од.;
- 2) $M[r/R_2] = 0,99 \cdot 100 + 0,01 \cdot 0 = 99$ грн/од.;
- 3) $M[r/R_3] = 0,4 \cdot 0 + 0,6 \cdot 60 = 36$ грн/од.

Отже, за обраним критерієм прийнятними є перший та третій варіанти рішень. Щоб зняти невизначеність для першого та третього варіантів застосуємо критерій мінімуму коефіцієнта коваріації ризику збитку від реалізації схем трелювання лісу, тобто $\min_{(i)} C_v[f_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{f_{ij}} / M[f_{ij}^+]$,

де $\sigma_{f_{ij}} = \sqrt{D[f_{ij}^+]}$ – середньоквадратичне відхилення f_{ij}^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) D_{R1} = (36 - 72)^2 \cdot 0,5 + (36 - 0)^2 \cdot 0,5 = 1296 \text{ (грн/од.)}^2, \quad C_{VR1} = \sqrt{1296} / 36 = 1 \text{ грн/од.};$$

$$3) D_{R3} = (36 - 0)^2 \cdot 0,4 + (36 - 60)^2 \cdot 0,6 = 864 \text{ (грн/од.)}^2,$$

$C_{VR3} = \sqrt{864} / 36 = 0,82$ грн/од. Тобто, найбільший дохід з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у третьому варіанті рішення.

4.2.13. Модальний критерій максимуму доходу (Байєса)

Прийняти рішення за модальним критерієм Байєса (B_a^+) максимуму доходу від реалізації одного з трьох лісових ресурсів $\{R_1, R_2, R_3\}$ в трьох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2, q_3\}$, якщо відповідні доходи (D) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3
R_1	0,5	100**	0,4	150	0,1	200
R_2	0,01	3600	0,79	100	0,2	180 ^{◆◆}
R_3	0,2	210	0	5000	0,8	120 ^{###}

Розв'язок. За критерієм $B_a^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+$ при $\max_{(j)} p_j$ знаходимо для варіантів:

$$1) D_1 = 100 \text{ грн/од. при } p_1 = 0,5;$$

$$2) D_2 = 100 \text{ грн/од. при } p_2 = 0,79;$$

3) $D_3 = 120$ грн/од. при $p_3 = 0,8$. Отже, за обраним критерієм оптимальним є третій варіант, для якого дохід $D_3 = 120$ грн/од. максимальний.

4.2.14. Модальний критерій мінімуму збитку (Байєса)

Прийняти рішення за модальним критерієм Байєса (B_a^-) мінімуму збитку від реалізації одного з трьох варіантів рубок догляду $\{R_1, R_2, R_3\}$ в трьох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2, q_3\}$, якщо відповідні витрати (B) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3
R_1	0,5	100**	0,4	150	0,1	200
R_2	0,01	3600	0,79	100 ^{◇◇}	0,2	180
R_3	0,2	210	0	5000	0,8	120 ^{##}

Розв'язок. За критерієм $B_a^- = \min_{(i)} f_{ij}^-$ при $\max_{(j)} p_j$ знаходимо для варіантів:

1) $D_1 = 100$ грн/од. при $p_1 = 0,5$;

2) $D_2 = 100$ грн/од. при $p_2 = 0,79$;

3) $D_3 = 120$ грн/од. при $p_3 = 0,8$. Отже, за обраним критерієм

прийнятними є перший та другий варіанти, для яких $D_1 = D_2 = 100$ грн/од. і оптимальним буде другий варіант, для котрого ймовірність стану навколишнього середовища $p_2 = 0,79$ більша.

4.2.15. Модальний критерій максимуму ризику доходу (Бернулі)

Прийняти рішення за модальним критерієм Бернулі (B_e^+) максимуму ризику доходу від реалізації одного з трьох лісових ресурсів $\{R_1, R_2, R_3\}$ в трьох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2, q_3\}$, якщо відповідні доходи (D) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3
R_1	0,5	100	0,4	150 ^{##}	0,1	200
R_2	0,01	3600	0,79	100**	0,2	180
R_3	0,2	210 ^{◇◇}	0	5000	0,8	120

Розв'язок. За критерієм $B_e^+ = \max_{(i)} r_{ij}^+$ при $\max_{(j)} p_j$ розраховуємо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$ для різних варіантів реалізації лісових ресурсів і станів навколишнього середовища, заносимо їх в таблицю та визначаємо для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3
R_1	0,5	100	0,4	50	0,1	0
R_2	0,01	0	0,79	3500	0,2	3420
R_3	0,2	4790	0	0	0,8	4880

- 1) $r_1 = 100$ грн/од. при $p_1 = 0,5$;
- 2) $r_2 = 3500$ грн/од. при $p_2 = 0,79$;
- 3) $r_3 = 4880$ грн/од. при $p_3 = 0,8$. Отже, за обраним критерієм оптимальним є третій варіант, для якого ризик доходу $r_3 = 4880$ грн/од. максимальний.

4.2.16. Модальний критерій мінімуму ризику збитку (Бернулі)

Прийняти рішення за модальним критерієм Бернулі (B_e^-) мінімуму ризику збитку від реалізації одного з трьох варіантів рубок догляду $\{R_1, R_2, R_3\}$ в трьох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2, q_3\}$, якщо відповідні витрати (B) грн/од. та ймовірності станів навколишнього середовища (p) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3
R_1	0,5	100**	0,4	150	0,1	200
R_2	0,01	3600	0,79	100 ^{##}	0,2	180
R_3	0,2	210	0	5000	0,8	120 ^{◆◆}

Розв'язок. За критерієм $B_e^- = \min_{(i)} r_{ij}^-$ при $\max_{(j)} p_j$ розраховуємо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$ для різних варіантів реалізації лісових ресурсів і станів навколишнього середовища, заносимо їх в таблицю та визначаємо для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3
R_1	0,5	0	0,4	50	0,1	100
R_2	0,01	3500	0,79	0	0,2	80
R_3	0,2	90	0	4880	0,8	0

- 1) $r_1 = 0$ грн/од. при $p_1 = 0,5$;
- 2) $r_2 = 0$ грн/од. при $p_2 = 0,79$;
- 3) $r_3 = 0$ грн/од. при $p_3 = 0,8$. Отже, за обраним критерієм прийнятними є всі три варіанти, а оптимальним буде третій варіант, для якого ймовірність стану навколишнього середовища $p_3 = 0,8$ максимальна.

4.2.17. Критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу (Лапласа)

Прийняти рішення за критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу Лапласа (L_a^+) для платіжної матриці:

$$F^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 340 & 1400 & 1405 & 1450 \\ R_2 & -20^* & 1040 & 1054 & 2110 \\ R_3 & -380 & 680^{##} & 1740 & 2800 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $L_a^+ = \max_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n$, де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо для варіантів:

- 1) $\overline{f_{R1}^+} = (340 + 1400 + 1405 + 1450) / 4 = 1148,75$ тис. грн;
- 2) $\overline{f_{R2}^+} = (-20 + 1040 + 1054 + 2110) / 4 = 1307,5$ тис. грн;
- 3) $\overline{f_{R3}^+} = (-380 + 680 + 1740 + 2800) / 4 = 1210$ тис. грн. Отже, оптимальним буде другий варіант, де $\overline{f_{R3}^+} = \max$.

4.2.18. Критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки отримання доходу (Лапласа)

Прийняти рішення за критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки отримання доходу Лапласа (L_a^+) для платіжної матриці:

$$F^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 340^{**} & 1400 & 1405 & 1450 \\ R_2 & -20 & 650 & 2100 & 2110 \\ R_3 & -380 & 680^{##} & 1740 & 2800 \end{pmatrix} \text{ грн}$$

Розв'язок. За критерієм $L_a^+ = \max_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n$, де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо для варіантів:

$$1) \overline{f_{R1}^+} = (340 + 1400 + 1405 + 1450) / 4 = 1148,75 \text{ грн};$$

$$2) \overline{f_{R2}^+} = (-20 + 650 + 2100 + 2110) / 4 = 1210 \text{ грн};$$

$$3) \overline{f_{R3}^+} = (-380 + 680 + 1740 + 2800) / 4 = 1210 \text{ грн}.$$

Отже, прийнятними будуть другий та третій варіанти, де $\overline{f_{R2}^+} = \overline{f_{R3}^+} = \max$. Щоб зняти невизначеність для другого та третього варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v^+[f_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{fij}^+ / M[f_{ij}^+]$, де $\sigma_{fij}^+ = \sqrt{D[f_{ij}^+]}$ – середньоквадратичне відхилення f_{ij}^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) D_{R1} = [(1148,75 - 340)^2 + (1148,75 - 1400)^2 + (1148,75 - 1405)^2 + (1148,75 - 1450)^2] / 4 = 218404,68 \text{ (грн)}^2, C_{vR1} = \sqrt{218404,68} / 1148,75 = 0,41;$$

$$2) D_{R2} = [(1210 + 20)^2 + (1210 - 650)^2 + (1210 - 2100)^2 + (1210 - 2110)^2] / 4 = 857150 \text{ (грн)}^2, C_{vR2} = \sqrt{857150} / 1210 = 0,765;$$

$$3) D_{R3} = [(1210 + 380)^2 + (1210 - 680)^2 + (1210 - 1740)^2 + (1210 - 2800)^2] / 4 = 5618000 \text{ (грн)}^2, C_{vR3} = \sqrt{5618000} / 1210 = 1,96. \text{ Тобто, найбільший дохід з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано в другому варіанті рішення.}$$

4.2.19. Критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку (Лапласа)

Прийняти рішення за критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку Лапласа (L_a^-) для платіжної матриці:

$$F^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 34^{**} & 14 & 45 & 50 \\ R_2 & 2 & 4^* & 20 & 11 \\ R_3 & 80 & 68 & 74^{##} & 28 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $L_a = \min_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^- / n$, де n – кількість станів

навколишнього середовища, знаходимо для варіантів:

$$1) \overline{f_{R1}^-} = (34 + 14 + 45 + 50) / 4 = 35,75 \text{ тис. грн};$$

$$2) \overline{f_{R2}^-} = (2 + 4 + 20 + 11) / 4 = 9,25 \text{ тис. грн};$$

$$3) \overline{f_{R3}^-} = (80 + 68 + 74 + 28) / 4 = 62,5 \text{ тис. грн}.$$

Отже, оптимальним буде другий варіант, де $\overline{f_{R2}^-} = \min$.

4.2.20. Критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки отримання збитку (Лапласа)

Прийняти рішення за критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки отримання збитку Лапласа (L_a) для платіжної матриці:

$$F^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 3^{**} & 14 & 15 & 5 \\ R_2 & 2 & 4^{##} & 20 & 11 \\ R_3 & 80 & 68 & 74 & 28 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $L_a = \min_{(i)} \sum_{(j)} f_{ij}^- / n$, де n – кількість станів

навколишнього середовища, знаходимо для варіантів:

$$1) \overline{f_{R1}^-} = (3 + 14 + 15 + 5) / 4 = 9,25 \text{ тис. грн};$$

$$2) \overline{f_{R2}^-} = (2 + 4 + 20 + 11) / 4 = 9,25 \text{ тис. грн};$$

$$3) \overline{f_{R3}^-} = (80 + 68 + 74 + 28) / 4 = 62,5 \text{ тис. грн}.$$

Отже, прийнятними будуть перший та другий варіанти, де $\overline{f_{R1}^-} = \overline{f_{R2}^-} = \min$. Щоб зняти невизначеність для першого та другого варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \sigma_{f_{ij}^-} / M[f_{ij}^-]$, де $\sigma_{f_{ij}^-} = \sqrt{D[f_{ij}^-]}$ – середньоквадратичне відхилення f_{ij}^- , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) D_{R1} = [(9,25 - 3)^2 + (9,25 - 14)^2 + (9,25 - 15)^2 + (9,25 - 5)^2] / 4 = 28,19 \text{ (тис. грн)}^2,$$

$$C_{VR1} = \sqrt{28,19} / 9,25 = 0,57;$$

$$2) D_{R2} = [(9,25 - 2)^2 + (9,25 - 4)^2 + (9,25 - 20)^2 + (9,25 - 11)^2] / 4 = 49,69 \text{ (тис. грн)}^2,$$

$C_{VR2} = \sqrt{49,69} / 9,25 = 0,76$. Тобто, найменший збиток з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у першому варіанті рішення.

4.2.21. Критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу (Джеймса)

Прийняти рішення за критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу Джеймса (D_g^+) для платіжної матриці:

$$F^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 340 & 1400 & 1405 & 1450 \\ R_2 & -20^{**} & 1040 & 2100 & 2110 \\ R_3 & -380 & 680^{##} & 1740 & 2800 \end{pmatrix} \text{ грн}$$

Розв'язок. За критерієм $D_g^+ = \max_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n$, де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$, будемо відповідну матрицю:

$$R^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 1110 & 50 & 45 & 0 \\ R_2 & 2130 & 1070 & 10 & 0 \\ R_3 & 3180 & 2120 & 1060 & 0 \end{pmatrix} \text{ грн,}$$

та знаходимо їх математичні очікування для варіантів:

- 1) $\overline{r_{R1}^+} = (1110 + 50 + 45 + 0) / 4 = 301,25$ грн;
- 2) $\overline{r_{R2}^+} = (2130 + 1070 + 10 + 0) / 4 = 802,5$ грн;
- 3) $\overline{r_{R3}^+} = (3180 + 2120 + 1060 + 0) / 4 = 1590$ тис. грн.

Отже, оптимальним буде третій варіант, де $\overline{r_{R3}^+} = \max$.

4.2.22. Критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки ризику доходу (Джеймса)

Прийняти рішення за критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки ризику доходу Джеймса (D_g^+) для платіжної матриці:

$$F^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 270 & 330 & 705 & 1450 \\ R_2 & -20^{**} & 1204 & 2100 & 2110 \\ R_3 & -38 & 68 & 174^{##} & 280 \end{pmatrix} \text{ грн}$$

Розв'язок. За критерієм $D_g^+ = \max_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n$, де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$, будемо відповідну матрицю:

$$R^+ = \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 1180 & 1120 & 745 & 0 \\ R_2 & 2130 & 906 & 10 & 0 \\ R_3 & 318 & 212 & 106 & 0 \end{pmatrix} \text{ грн,}$$

та знаходимо їх математичні очікування для варіантів:

- 1) $\overline{r_{R1}^+} = (1180 + 1120 + 745 + 0) / 4 = 761,25$ грн;
- 2) $\overline{r_{R2}^+} = (2130 + 906 + 10 + 0) / 4 = 761,5$ грн;
- 3) $\overline{r_{R3}^+} = (318 + 212 + 106 + 0) / 4 = 159$ тис. грн.

Отже, прийнятними будуть перший та другий варіанти, де $\overline{r_{R1}^+} = \overline{r_{R2}^+} = \max$. Щоб зняти невизначеність для першого та другого варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[r_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{ij} / M[r_{ij}^+]$, де $\sigma_{ij} = \sqrt{D[r_{ij}^+]}$ – середньоквадратичне відхилення r_{ij}^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

- 1) $D_{R1} = [(761,25 - 1180)^2 + (761,25 - 1120)^2 + (761,25 - 745)^2 + (761,25 - 0)^2] / 4 = 220954,68$ (грн)², $C_{VR1} = \sqrt{220954,68} / 761,25 = 0,62$;
- 2) $D_{R2} = [(761,25 - 2130)^2 + (761,25 - 906)^2 + (761,25 - 10)^2 + (761,25 - 0)^2] / 4 = 396065,57$ (грн)², $C_{VR2} = \sqrt{396065,57} / 761,25 = 0,83$. Тобто, найбільший дохід з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано в першому варіанті рішення.

4.2.23. Критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку (Джеймса)

Прийняти рішення за критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку Джеймса (D_g^-) для платіжної матриці:

$$F^- = \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 34 & 14^{\#} & 45 & 50 \\ R_2 & 2^* & 4 & 20 & 11 \\ R_3 & 80 & 68 & 74 & 28 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $D_g^- = \min_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^- / n$, де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, будемо відповідну матрицю

$$R^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 20 & 0 & 31 & 36 \\ R_2 & 0 & 2 & 18 & 9 \\ R_3 & 52 & 40 & 46 & 0 \end{pmatrix} \text{ тис. грн,}$$

та знаходимо їх математичні очікування для варіантів:

1) $\overline{r_{R1}^-} = (20 + 0 + 31 + 36) / 4 = 21,75$ тис. грн;

2) $\overline{r_{R2}^-} = (0 + 2 + 18 + 9) / 4 = 7,25$ тис. грн;

3) $\overline{r_{R3}^-} = (52 + 40 + 46 + 0) / 4 = 34,5$ тис. грн.

Отже, оптимальним буде другий варіант, де $\overline{f_{R2}^-} = \min$.

4.2.24. Критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки ризику збитку (Джеймса)

Прийняти рішення за критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки ризику збитку Джеймса (D_g^-) для платіжної матриці.

$$F^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 34 & 14^{##} & 45 & 50 \\ R_2 & 2^* & 32 & 20 & 11 \\ R_3 & 80 & 68 & 74 & 28 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $D_g^- = \min_{(i)} \sum_{(j)} r_{ij}^- / n$, де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$ будемо відповідну матрицю.

$$R^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 20 & 0 & 31 & 36 \\ R_2 & 0 & 30 & 18 & 39 \\ R_3 & 52 & 40 & 49 & 0 \end{pmatrix} \text{ тис. грн,}$$

та знаходимо їх математичні очікування для варіантів:

- 1) $\overline{r_{R1}} = (20 + 0 + 31 + 36)/4 = 21,75$ тис. грн;
- 2) $\overline{r_{R2}} = (0 + 30 + 18 + 39)/4 = 21,75$ тис. грн;
- 3) $\overline{r_{R3}} = (52 + 40 + 46 + 0)/4 = 34,5$ тис. грн.

Отже, прийнятними будуть перший та другий варіанти, де $\overline{r_{R1}} = \overline{r_{R2}} = \min$. Щоб зняти невизначеність для першого та другого варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[r_{ij}^-] = \min_{(i)} \sigma_{r_{ij}} / M[r_{ij}^-]$, де $\sigma_{r_{ij}} = \sqrt{D[r_{ij}^-]}$ – середньоквадратичне відхилення r_{ij}^- , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) D_{R1} = [(21,75 - 20)^2 + (21,75 - 0)^2 + (21,75 - 31)^2 + (21,75 - 36)^2]/4 = 191,19 \text{ (тис. грн)}^2,$$

$$C_{VR1} = \sqrt{191,19}/21,75 = 0,64;$$

2) $D_{R2} = [(21,75 - 0)^2 + (21,75 - 30)^2 + (21,75 - 18)^2 + (21,75 - 39)^2]/4 = 213,19 \text{ (тис. грн)}^2,$
 $C_{VR2} = \sqrt{213,19}/21,75 = 0,67$. Тобто, найменший ризик з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у першому варіанті рішення.

4.2.25. Зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу (Лапласа)

Прийняти рішення за зваженим критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу Лапласа (L_a^+), якщо кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (доходи D , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	D_1	n_2	D_2	n_3	D_3
R_1	2*	250	8	720	12	201
R_2	5	120	15 [#]	310	6	670
R_3	10	360	3	170	3 [◇]	500
R_4	4	510	7	410	0	180

Розв'язок. За критерієм $L_a^+ = \max_{(i)} (\sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, розраховуємо для варіантів:

$$1) \overline{D_{R1}} = (2 \cdot 250 + 8 \cdot 720 + 12 \cdot 201) / (2 + 8 + 12) = 394,18 \text{ тис. грн};$$

$$2) \overline{D_{R2}} = (5 \cdot 120 + 15 \cdot 310 + 6 \cdot 670) / (5 + 15 + 6) = 356,54 \text{ тис. грн};$$

$$3) \overline{D_{R3}} = (10 \cdot 360 + 3 \cdot 170 + 3 \cdot 500) / (10 + 3 + 3) = 350,63 \text{ тис. грн};$$

$$4) \overline{D_{R4}} = (4 \cdot 510 + 7 \cdot 410 + 0 \cdot 180) / (4 + 7 + 0) = 446,36 \text{ тис. грн}.$$

Отже, оптимальним буде четвертий варіант, де $\overline{D_{R4}} = \max$.

4.2.26. Зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки отримання доходу (Лапласа)

Прийняти рішення за зваженим критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки отримання доходу Лапласа (L_a^+), якщо кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (D , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	D_1	n_2	D_2	n_3	D_3
R_1	2	825	8	720	12	201
R_2	5*	120	15	310	6	670
R_3	10	360	3	170 ^{##}	3	500
R_4	4	510	7 [◇]	410	0	180

Розв'язок. За критерієм $L_a^+ = \max_{(i)} (\sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, розраховуємо для варіантів:

$$1) \overline{D_{R1}} = (2 \cdot 825 + 8 \cdot 720 + 12 \cdot 201) / (2 + 8 + 12) = 446,45 \text{ тис. грн};$$

$$2) \overline{D_{R2}} = (5 \cdot 120 + 15 \cdot 310 + 6 \cdot 670) / (5 + 15 + 6) = 356,54 \text{ тис. грн};$$

$$3) \overline{D_{R3}} = (10 \cdot 360 + 3 \cdot 170 + 3 \cdot 500) / (10 + 3 + 3) = 350,63 \text{ тис. грн};$$

4) $\overline{D_{R4}} = (4 \cdot 510 + 7 \cdot 410 + 0 \cdot 180) / (4 + 7 + 0) = 446,36 \text{ тис. грн}$. Отже, прийнятними будуть перший та четвертий варіанти, де $\overline{D_{R1}} = \overline{D_{R4}} = \max$. Щоб зняти невизначеність для цих варіантів застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[f_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{f_{ij}} / M[f_{ij}^+]$, де $\sigma_{f_{ij}} = \sqrt{D[f_{ij}^+]}$ – середньоквадратичне відхилення f_{ij}^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) D_{R1} = [(446,45 - 825)^2 \cdot 2 + (446,45 - 720)^2 \cdot 8 + (446,45 - 201)^2 \cdot 12] / (2 + 8 + 12) = 73099,34 \text{ (грн)}^2, C_{vR1} = \sqrt{73099,34} / 446,45 = 0,61;$$

2) $D_{R_4} = [(446,36 - 510)^2 \cdot 4 + (446,36 - 410)^2 \cdot 7 + (446,36 - 180)^2 \cdot 0] / (4 + 7 + 0) = 2314,05$ (грн)², $C_{VR_4} = \sqrt{2314,05} / 446,36 = 0,11$. Тобто, найбільший дохід з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у четвертому варіанті рішення.

4.2.27. Зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку (Лапласа)

Прийняти рішення за зваженим критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку Лапласа (L_a^-), якщо кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (витрати B , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	B_1	n_2	B_2	n_3	B_3
R_1	2	250	8*	720	12	201
R_2	5	120 ^{##}	15	310	6	670
R_3	10	360	3	170	3 [◇]	500
R_4	4	510	7	410	0	180

Розв'язок. За критерієм $L_a^- = \min_{(i)} (\sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, розраховуємо для варіантів:

$$1) \overline{B_{R_1}} = (2 \cdot 250 + 8 \cdot 720 + 12 \cdot 201) / (2 + 8 + 12) = 394,18 \text{ тис. грн};$$

$$2) \overline{B_{R_2}} = (5 \cdot 120 + 15 \cdot 310 + 6 \cdot 670) / (5 + 15 + 6) = 356,54 \text{ тис. грн};$$

$$3) \overline{B_{R_3}} = (10 \cdot 360 + 3 \cdot 170 + 3 \cdot 500) / (10 + 3 + 3) = 350,63 \text{ тис. грн};$$

$$4) \overline{B_{R_4}} = (4 \cdot 510 + 7 \cdot 410 + 0 \cdot 180) / (4 + 7 + 0) = 446,36 \text{ тис. грн}.$$

Отже, оптимальним буде третій варіант, де $\overline{B_{R_3}} = \min$.

4.2.28. Зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки збитку (Лапласа)

Прийняти рішення за зваженим критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки збитку Лапласа (L_a^-), якщо кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (витрати B , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	B_1	n_2	B_2	n_3	B_3
R_1	2*	825	8	720	12	201
R_2	5	120 ^{##}	15	310	6	670
R_3	10	370	3	170	3	500
R_4	4	510	7	410	0 [◇]	180

Розв'язок. За критерієм $L_a = \min_{(i)} (\sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, розраховуємо для варіантів:

$$1) \overline{B_{R1}} = (2 \cdot 825 + 8 \cdot 720 + 12 \cdot 201) / (2 + 8 + 12) = 446,45 \text{ тис. грн};$$

$$2) \overline{B_{R2}} = (5 \cdot 120 + 15 \cdot 310 + 6 \cdot 670) / (5 + 15 + 6) = 356,54 \text{ тис. грн};$$

$$3) \overline{B_{R3}} = (10 \cdot 370 + 3 \cdot 170 + 3 \cdot 500) / (10 + 3 + 3) = 356,88 \text{ тис. грн};$$

$$4) \overline{B_{R4}} = (4 \cdot 510 + 7 \cdot 410 + 0 \cdot 180) / (4 + 7 + 0) = 446,36 \text{ тис. грн. Отже,}$$

прийнятними будуть другий та третій варіанти, де $\overline{B_{R2}} = \overline{B_{R3}} = \min$. Щоб зняти невизначеність для цих варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[f_{ij}^-] = \min_{(i)} \sigma_{f_{ij}} / M[f_{ij}^-]$, де

$\sigma_{f_{ij}} = \sqrt{D[f_{ij}^-]}$ – середньоквадратичне відхилення f_{ij}^- , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$2) D_{R2} = [(356,54 - 120)^2 \cdot 5 + (356,54 - 310)^2 \cdot 15 + (356,54 - 670)^2 \cdot 6] / (5 + 15 + 6) = 34684,17 \text{ (грн)}^2, C_{vR2} = \sqrt{34684,17} / 356,54 = 0,52;$$

3) $D_{R3} = [(356,88 - 370)^2 \cdot 10 + (356,88 - 170)^2 \cdot 3 + (356,88 - 500)^2 \cdot 3] / (10 + 3 + 3) = 10496,48 \text{ (грн)}^2, C_{vR3} = \sqrt{10496,48} / 356,88 = 0,29$. Тобто, найменший збиток з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у третьому варіанті рішення.

4.2.29. Зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу (Джеймса)

Прийняти рішення за зваженим критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу Джеймса (D_g^+), якщо кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (доходи D , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	D_1	n_2	D_2	n_3	D_3
R_1	2	825	8	720	12	201
R_2	5	120	15 [#]	310	6	670
R_3	10	360	3	170 ^{◆◆}	3	500
R_4	4*	510	7	410	0	180

Розв'язок. За критерієм $D_g^+ = \max_{(i)} (\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, знаходимо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та знаходимо їх математичні очікування для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	r_1	n_2	r_2	n_3	r_3
R_1	2	0	8	105	12	624
R_2	5	550	15	360	6	0
R_3	10	140	3	330	3	0
R_4	4	0	7	100	0	330

$$1) \overline{r_{R1}^+} = (2 \cdot 0 + 8 \cdot 105 + 12 \cdot 624) / (2 + 8 + 12) = 378,55 \text{ тис. грн};$$

$$2) \overline{r_{R2}^+} = (5 \cdot 550 + 15 \cdot 360 + 6 \cdot 0) / (5 + 15 + 6) = 313,46 \text{ тис. грн};$$

$$3) \overline{r_{R3}^+} = (10 \cdot 140 + 3 \cdot 330 + 3 \cdot 0) / (10 + 3 + 3) = 149,38 \text{ тис. грн};$$

$$4) \overline{r_{R4}^+} = (4 \cdot 0 + 7 \cdot 100 + 0 \cdot 330) / (4 + 7 + 0) = 63,64 \text{ тис. грн}.$$

Отже, оптимальним буде перший варіант, де $\overline{r_{R1}^+} = \max$.

4.2.30. Зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки ризику доходу (Джеймса)

Прийняти рішення за зваженим критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування та мінімуму похибки ризику доходу Джеймса (D_g^+), якщо кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (доходи D , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	D_1	n_2	D_2	n_3	D_3
R_1	2	825	8*	720	12	201
R_2	5	120 ^{##}	15	197	6	670
R_3	10	360	3	170	3 [◇]	500
R_4	4	510	7	410	0	180

Розв'язок. За критерієм $D_g^+ = \max_{(i)} (\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, знаходимо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та знаходимо їх математичні очікування для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	r_1	n_2	r_2	n_3	r_3
R_1	2	0	8	105	12	624
R_2	5	550	15	473	6	0
R_3	10	140	3	330	3	0
R_4	4	0	7	100	0	330

1) $\overline{r_{R1}^+} = (2 \cdot 0 + 8 \cdot 105 + 12 \cdot 624) / (2 + 8 + 12) = 378,55$ тис. грн;
 2) $\overline{r_{R2}^+} = (5 \cdot 550 + 15 \cdot 473 + 6 \cdot 0) / (5 + 15 + 6) = 378,65$ тис. грн;
 3) $\overline{r_{R3}^+} = (10 \cdot 140 + 3 \cdot 330 + 3 \cdot 0) / (10 + 3 + 3) = 149,38$ тис. грн;
 4) $\overline{r_{R4}^+} = (4 \cdot 0 + 7 \cdot 100 + 0 \cdot 330) / (4 + 7 + 0) = 63,64$ тис. грн. Отже, прийнятними будуть перший та другий варіанти, де $\overline{r_{R1}^+} = \overline{r_{R2}^+} = \max$. Для того, щоб зняти невизначеність для першого та другого варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[r_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{ij} / M[r_{ij}^+]$, де $\sigma_{ij} = \sqrt{D[r_{ij}^+]}$ – середньоквадратичне відхилення r_{ij}^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

1) $D_{R1} = [(378,55 - 0)^2 \cdot 2 + (378,55 - 105)^2 \cdot 8 + (378,55 - 624)^2 \cdot 12] / (2 + 8 + 12) = 73099,34$ (тис. грн)², $C_{VR1} = \sqrt{73099,34} / 378,55 = 0,71$;
 2) $D_{R2} = [(378,65 - 550)^2 \cdot 5 + (378,65 - 473)^2 \cdot 15 + (378,65 - 0)^2 \cdot 6] / (5 + 15 + 6) = 43868,8$ (тис. грн)², $C_{VR2} = \sqrt{43868,8} / 378,65 = 0,55$. Тобто, найбільший дохід з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у другому варіанті рішення.

4.2.31. Зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку (Джеймса)

Прийняти рішення за зваженим критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку Джеймса (D_g^-), якщо кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (витрати B , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	B_1	n_2	B_2	n_3	B_3
R_1	2	825	8	720	12	201
R_2	5	120	15	197 ^{##}	6	670
R_3	10*	360	3	170	3	500
R_4	4	510	7 [◇]	410	0	180

Розв'язок. За критерієм $D_g^- = \min_{(i)} (\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, знаходимо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та знаходимо їх математичні очікування для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	r_1	n_2	r_2	n_3	r_3
R_1	2	624	8	519	12	0
R_2	5	0	15	77	6	550
R_3	10	190	3	0	3	330
R_4	4	330	7	230	0	0

1) $\overline{r_{R1}^-} = (2 \cdot 624 + 8 \cdot 519 + 12 \cdot 0) / (2 + 8 + 12) = 245,45$ тис. грн;

2) $\overline{r_{R2}^-} = (5 \cdot 0 + 15 \cdot 77 + 6 \cdot 550) / (5 + 15 + 6) = 171,35$ тис. грн;

3) $\overline{r_{R3}^-} = (10 \cdot 190 + 3 \cdot 0 + 3 \cdot 330) / (10 + 3 + 3) = 180,63$ тис. грн;

4) $\overline{r_{R4}^-} = (4 \cdot 330 + 7 \cdot 230 + 0 \cdot 0) / (4 + 7 + 0) = 266,36$ тис. грн.

Отже, оптимальним буде другий варіант, де $\overline{r_{R2}^-} = \min$.

4.2.32. Зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки ризику збитку (Джеймса)

Прийняти рішення за зваженим критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування та похибки ризику збитку Джеймса (D_g^-), якщо кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (витрати B , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	B_1	n_2	B_2	n_3	B_3
R_1	2	825	8	720	12	201 ^{##}
R_2	5	120	15 [◇]	197	6	670
R_3	10	360	3	170	3 [*]	500
R_4	4	510	7	410	0	180

Розв'язок. За критерієм $D_g^- = \min_{(i)} (\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, знаходимо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та знаходимо їх математичні очікування для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	r_1	n_2	r_2	n_3	r_3
R_1	2	624	8	519	12	0
R_2	5	0	15	77	6	550
R_3	10	190	3	0	3	280
R_4	4	330	7	230	0	0

1) $\overline{r_{R1}^-} = (2 \cdot 624 + 8 \cdot 519 + 12 \cdot 0) / (2 + 8 + 12) = 245,45$ тис. грн;
 2) $\overline{r_{R2}^-} = (5 \cdot 0 + 15 \cdot 77 + 6 \cdot 550) / (5 + 15 + 6) = 171,35$ тис. грн;
 3) $\overline{r_{R3}^-} = (10 \cdot 190 + 3 \cdot 0 + 3 \cdot 280) / (10 + 3 + 3) = 171,25$ тис. грн;
 4) $\overline{r_{R4}^-} = (4 \cdot 330 + 7 \cdot 230 + 0 \cdot 0) / (4 + 7 + 0) = 266,36$ тис. грн. Отже, прийнятними будуть другий та третій варіанти, де $\overline{r_{R2}^-} = \overline{r_{R3}^-} = \min$. Щоб зняти невизначеність для цих варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[r_{ij}^-] = \min_{(i)} \sigma_{ij} / M[r_{ij}^-]$, де $\sigma_{ij} = \sqrt{D[r_{ij}^-]}$ –

середньоквадратичне відхилення r_{ij}^- , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$2) D_{R2} = [(171,35 - 0)^2 \cdot 5 + (171,35 - 77)^2 \cdot 15 + (171,35 - 550)^2 \cdot (171,35 - 550)^2 \cdot 6] / (5 + 15 + 6) = 43868,76 \text{ (тис. грн)}^2,$$

$$C_{VR1} = \sqrt{43868,76} / 171,35 = 1,22;$$

3) $D_{R3} = [(171,25 - 190)^2 \cdot 10 + (171,25 - 0)^2 \cdot 3 + (171,25 - 280)^2 \cdot 3] / (10 + 3 + 3) = 7935,93 \text{ (тис. грн)}^2$, $C_{VR3} = \sqrt{7935,97} / 171,25 = 0,52$. Тобто, найменший ризик з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у третьому варіанті рішення.

4.2.33. Критерії найбільшого оптимізму, найбільшого песимізму та гарантованого доходу (Вальда)

Прийняти рішення за критерієм найбільшого оптимізму та гарантованого доходу Вальда (V_a^+) від реалізації продукції лісового господарства, якщо результати (доходи D_{ij}) для різних варіантів виробництва (x_i) в різних станах навколишнього середовища (q_j) задано платіжною матрицею

$$F^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 2^* & 3 & 1,5 \\ x_2 & 7,5 & 2 & 3,5 \\ x_3 & 12,5 & 9^\# & 2,5 \\ x_4 & 8 & 5 & 4,5 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм максиміна $V_a^+ = \max_{(i)} \min_{(j)} f_{ij}^+$ в умовах, коли навколишнє середовище “діє” агресивно, непередбачено, forse таїеиге, тому ризикувати немає сенсу, для кожного варіанта виробництва знаходимо мінімальний дохід у всіх станах навколишнього середовища. В наведеному прикладі це: $D_{13} = 1,5$ тис. грн для x_1 ; $D_{22} = 2$ тис. грн для x_2 ; $D_{33} = 2,5$ тис. грн для x_3 ; $D_{43} = 4,5$ тис. грн для x_4 . Оптимальним буде варіант x_4 , який гарантує отримання максимального доходу $D_{43} = 4,5$ тис. грн із всіх мінімальних результатів. Найбільший ризик виникає при намаганні отримати максимум максимум доходу $\max_{(i)} \max_{(j)} f_{ij}^+$ (критерій найбільшого оптимізму), в наведеному прикладі це $D_{31} = 12,5$ тис. грн, або при очікуванні мінімум мінімум доходу $\min_{(i)} \min_{(j)} f_{ij}^+$ (критерій найбільшого песимізму), в наведеному прикладі це $D_{11} = D_{22} = 2$ тис. грн.

4.2.34. Критерії найбільшого оптимізму, найбільшого песимізму та гарантованого мінімуму збитку (Вальда)

Прийняти рішення за критерієм гарантованого мінімуму збитку Вальда (V_a^-) від реалізації продукції лісового господарства, якщо результати (витрати B_{ij}) для різних варіантів виробництва (x_i) в різних станах навколишнього середовища (q_j) задано платіжною матрицею

$$F^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 2 & 3 & 1,5 \\ x_2 & 7,5 & 1^* & 3,5 \\ x_3 & 12,5 & 9 & 2,5 \\ x_4 & 8^\# & 5 & 4,5 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм мінімакса $V_a^- = \min_{(i)} \max_{(j)} f_{ij}^-$ в умовах, коли навколишнє середовище “діє” агресивно, непередбачено, forse majeure, тому ризикувати немає сенсу, для кожного варіанта виробництва знаходимо максимальний збиток у всіх станах навколишнього середовища. В наведеному прикладі це: $B_{12} = 3$ тис. грн для x_1 ; $B_{21} = 7,5$ тис. грн для x_2 ; $B_{31} = 12,5$ тис. грн для x_3 ; $B_{41} = 8$ тис. грн для x_4 . Оптимальним буде варіант x_1 , який гарантує отримання мінімального збитку $B_{12} = 3$ тис. грн із всіх максимальних результатів. Найбільший ризик виникає при намаганні отримати мінімум мінімум збитку $\min_{(i)} \min_{(j)} f_{ij}^-$ (критерій найбільшого оптимізму), в наведеному прикладі це $B_{22} = 1$ тис. грн, або очікувати максимум максимум збитку $\max_{(i)} \max_{(j)} f_{ij}^-$ (критерій найбільшого песимізму), в наведеному прикладі це $B_{31} = 12,5$ тис. грн.

4.2.35. Критерії найбільшого оптимізму, найбільшого песимізму та гарантованого ризику доходу (Севіджа)

Прийняти рішення за критерієм гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+) від реалізації продукції лісового господарства, якщо результати (доходи D_{ij}) для різних варіантів виробництва (x_i) в різних станах навколишнього середовища (q_j) задано платіжною матрицею

$$F^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 2 & 3^* & 1,5 \\ x_2 & 7,5 & 2 & 3,5 \\ x_3 & 12,5 & 9 & 2,5 \\ x_4 & 8^\# & 5 & 4,5 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм максиміна $S_e^+ = \max_{(i)} \min_{(j)} r_{ij}^+$ знаходимо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$ та складаємо відповідну матрицю

$$R^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 1 & 0 & 1,5 \\ x_2 & 0 & 5,5 & 4 \\ x_3 & 0 & 3,5 & 10 \\ x_4 & 0 & 3 & 3,5 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

в умовах, коли навколишнє середовище “діє” агресивно, непередбачено, forse majeure, тому ризикувати немає сенсу, для кожного варіанта виробництва знаходимо мінімальний ризик доходу у всіх станах навколишнього середовища. В наведеному прикладі це: $r_{12} = 0$ тис. грн для x_1 ; $r_{21} = 0$ тис. грн для x_2 ; $r_{31} = 0$ тис. грн для x_3 ; $r_{41} = 0$ тис. грн для x_4 . Для зняття невизначеності рішення застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[r_{ij}^+] = \min_{(i)} \sigma_{ij} / M[r_{ij}^+]$, де $\sigma_{ij} = \sqrt{D[r_{ij}^+]}$ – середньоквадратичне відхилення r_{ij}^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) M[r_{ij}^+ / x_1] = (1+0+1,5)/3 = 0,83 \text{ тис. грн,}$$

$$D_{x_1} = [(0,83-1)^2 + (0,83-0)^2 + (0,83-1,5)^2]/3 = 0,39 \text{ (тис. грн)}^2,$$

$$C_{VR1} = \sqrt{0,39} / 0,83 = 0,75;$$

$$2) M[r_{ij}^+ / x_2] = (0+5,5+4)/3 = 1,13 \text{ тис. грн,}$$

$$D_{x_2} = [(1,13-0)^2 + (1,13-5,5)^2 + (1,13-4)^2]/3 = 9,54 \text{ (тис. грн)}^2,$$

$$C_{VR1} = \sqrt{9,54} / 1,13 = 2,73;$$

$$3) M[r_{ij}^+ / x_3] = (0+3,5+10)/3 = 4,5 \text{ тис. грн,}$$

$$D_{x_3} = [(4,5-0)^2 + (4,5-3,5)^2 + (4,5-10)^2]/3 = 17,17 \text{ (тис. грн)}^2,$$

$$C_{VR1} = \sqrt{17,17} / 4,5 = 0,92;$$

$$4) M[r_{ij}^+ / x_4] = (0+3+3,5)/3 = 2,17 \text{ тис. грн,}$$

$$D_{x_4} = [(2,17-0)^2 + (2,17-3)^2 + (2,17-3,5)^2]/3 = 2,39 \text{ (тис. грн)}^2, \quad C_{VR1} = \sqrt{2,39} /$$

2,17 = 0,71. Отже, найбільший із всіх найменших ризиків доходу з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) буде отримано у четвертому варіанті рішення. Критерію найбільшого оптимізму в

даному випадку відповідає рішення x_3 , для якого $r_{33} = 10$ тис. грн, а критерій найбільшого песимізму не існує.

4.2.36. Критерії найбільшого оптимізму, найбільшого песимізму та гарантованого мінімуму ризику збитку (Севіджа)

Прийняти рішення за критерієм найбільшого песимізму – гарантованого мінімуму ризику збитку Севіджа (S_e^-) від реалізації продукції лісового господарства, якщо результати (витрати B_{ij}) для різних варіантів виробництва (x_i) в різних станах навколишнього середовища (q_j) задано платіжною матрицею

$$F^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 2^\# & 3 & 1,5 \\ x_2 & 7,5 & 1^* & 3,5 \\ x_3 & 12,5 & 9 & 2,5 \\ x_4 & 8 & 5 & 4,5 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм мінімакса $S_e^- = \min_{(i)} \max_{(j)} r_{ij}^-$ знаходимо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$ та складаємо матрицю

$$R^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 0,5 & 1,5 & 0 \\ x_2 & 6,5 & 0 & 2,5 \\ x_3 & 10,5 & 6,5 & 0 \\ x_4 & 3 & 0 & 0,5 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

в умовах, коли навколишнє середовище “діє” агресивно, непередбачено, forse тажеше, тому ризикувати немає сенсу, для кожного варіанта виробництва знаходимо максимальний ризик збитку у всіх станах навколишнього середовища. В наведеному прикладі це: $r_{12} = 1,5$ тис. грн для x_1 ; $r_{21} = 6,5$ тис. грн для x_2 ; $r_{31} = 10,5$ тис. грн для x_3 ; $r_{41} = 3$ тис. грн для x_4 . Отже, оптимальним буде варіант x_1 , який гарантує отримання мінімального ризику збитку $r_{12} = 1,5$ тис. грн із всіх максимальних результатів. Критерію найбільшого песимізму в даному випадку відповідає рішення x_3 , для якого $r_{31} = 10,5$ тис. грн, а критерій найбільшого оптимізму не існує.

4.3. Прийняття багатокритеріальних рішень

4.3.1. Складний критерій (Гурвіца) – гарантованого доходу (Вальда) та максимуму математичного очікування доходу (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^+) – гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та максимуму математичного очікування доходу Байеса (B_a^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, дохід (D_{ij}), тис. грн, від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3	p_4	D_4
x_1	0,1	15**	0,3	50	0,2	35	0,4	10
x_2	0,3	25	0,25	43	0,4	16	0,05	55
x_3	0,6	45	0,2	31 ^{###}	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100	0,45	60	0,34	75 ^{◆◆}	0,2	27

Розв’язок. За критерієм $G_u^+ = [\lambda \cdot V_a^+ + (1 - \lambda) \cdot B_a^+] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij})$ знаходимо для варіантів:

$$1) \min_{(j)} f_{ij}^+ = D_4 = 10 \text{ тис. грн, } \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,1 \cdot 15 + 0,3 \cdot 50 + 0,2 \cdot 35 + 0,4 \cdot 10 = 27,5 \text{ тис. грн, } G_{u1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot$$

$$\sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 10 + (1 - 0,6) \cdot 27,5 = 17 \text{ тис. грн для продукції } x_1;$$

$$2) \min_{(j)} f_{ij}^+ = D_3 = 16 \text{ тис. грн, } \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,3 \cdot 25 + 0,25 \cdot 43 + 0,4 \cdot 16 + 0,05 \cdot 55 = 27,4 \text{ тис. грн, } G_{u2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot$$

$$\sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 16 + (1 - 0,6) \cdot 27,4 = 20,56 \text{ тис. грн для продукції } x_2;$$

$$3) \min_{(j)} f_{ij}^+ = D_3 = 20 \text{ тис. грн, } \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 45 + 0,2 \cdot 31 + 0,05 \cdot 20 + 0,15 \cdot 80 = 46,2 \text{ тис. грн, } G_{u3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot$$

$$\sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 20 + (1 - 0,6) \cdot 46,2 = 30,48 \text{ тис. грн для продукції } x_3;$$

$$4) \min_{(j)} f_{ij}^+ = D_4 = 27 \text{ тис. грн, } \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,01 \cdot 100 + 0,45 \cdot 60 + 0,34 \cdot 75 + 0,2 \cdot 27 = 58,9 \text{ тис. грн, } G_{u4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 27 + (1 - 0,6) \cdot 58,9 = 39,76 \text{ тис. грн для}$$

продукції x_4 . Отже, оптимальним буде четвертий варіант, для якого показник $G_{u4}^+ = 39,76$ тис. грн, максимальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^+) – гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та максимуму математичного очікування доходу Байеса (B_a^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) G_{u1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 10^* + (1-\lambda) \cdot 27,5 \text{ тис. грн};$$

$$2) G_{u2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 16 + (1-\lambda) \cdot 27,4 \text{ тис. грн};$$

$$3) G_{u3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 20^{\#} + (1-\lambda) \cdot 46,2 \text{ тис. грн};$$

$$4) G_{u4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 27 + (1-\lambda) \cdot 58,9 \text{ тис. грн}.$$

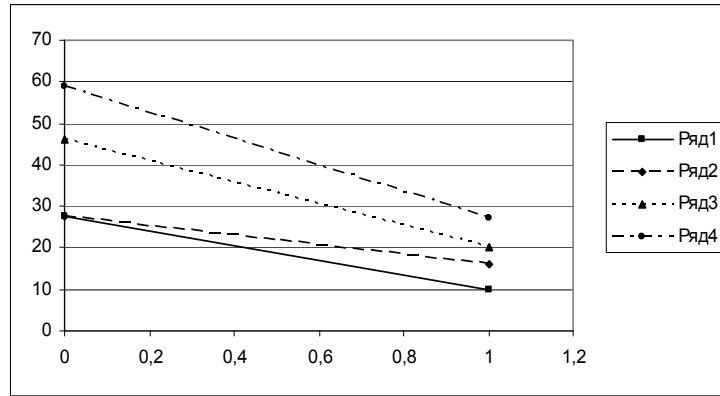
Розв’язок. За критерієм $G_u^+ = [\lambda \cdot V_a^+ + (1-\lambda) \cdot B_a^+] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij})$ будуюмо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u1}^+ = 27,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u1}^+ = 10$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u2}^+ = 27,4$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u2}^+ = 16$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u3}^+ = 46,2$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u3}^+ = 20$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u4}^+ = 58,6$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u4}^+ = 27$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Гурвіца приймається переважно застосуванням критерію Байеса – максимуму математичного очікування доходу, а при великих – критерію гарантованого доходу Вальда – максимального з мінімальних доходів (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що незалежно від значення λ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_4 , тобто у даному випадку оптимальне рішення на випуск продукції лісового господарства не залежить від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.2. Складний критерій (Гурвіца) – гарантованого мінімуму збитку (Вальда) та мінімуму математичного очікування збитку (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^-) – гарантованого мінімуму збитку Вальда (V_a^-) та мінімуму математичного очікування збитку Байеса (B_a^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, витрати (B_{ij}), тис. грн від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3	p_4	B_4
x_1	0,1	15*	0,3	50	0,2	35	0,4	10
x_2	0,3	25	0,25	43	0,4	16 [◇]	0,05	55
x_3	0,6	45	0,2	31 ^{##}	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100	0,45	60	0,34	75	0,2	27

Розв’язок. За критерієм $G_u^- = [\lambda \cdot V_a^- + (1 - \lambda) \cdot B_a^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij})$ знаходимо для варіантів:

1) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_2 = 50$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,1 \cdot 15 + 0,3 \cdot 50 + 0,2 \cdot 35 + 0,4 \cdot 10 = 27,5$ тис. грн, $G_{u1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 50 + (1 - 0,6) \cdot 27,5 = 41$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_4 = 55$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,3 \cdot 25 + 0,25 \cdot 43 + 0,4 \cdot 16 + 0,05 \cdot 55 = 27,4$ тис. грн, $G_{u2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 55 + (1 - 0,6) \cdot 27,4 = 43,96$ тис. грн для продукції x_2 ;

$$3) \max_{(j)} f_{ij}^- = B_4 = 80 \text{ тис. грн, } \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 45 + 0,2 \cdot 31 + 0,05 \cdot 20 + 0,15 \cdot 80 = 46,2 \text{ тис. грн, } G_{u3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 80 + (1-0,6) \cdot 46,2 = 66,48 \text{ тис. грн}$$

для продукції x_3 ;

$$4) \max_{(j)} f_{ij}^- = B_1 = 100 \text{ тис. грн, } \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,01 \cdot 100 + 0,45 \cdot 60 + 0,34 \cdot 75 + 0,2 \cdot 27 = 58,9 \text{ тис. грн, } G_{u4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 100 + (1-0,6) \cdot 58,9 = 83,56 \text{ тис. грн}$$

для продукції x_4 .

Отже, оптимальним буде перший варіант, для якого показник $G_{u1}^- = 41$ тис. грн мінімальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^-) – гарантованого мінімуму збитку Вальда (V_a^-) та мінімуму математичного очікування збитку Байеса (B_a^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) G_{u1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 50 + (1-\lambda) \cdot 27,5^{**} \text{ тис. грн;}$$

$$2) G_{u2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 55 + (1-\lambda) \cdot 27,4 \text{ тис. грн;}$$

$$3) G_{u3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 80^{***} + (1-\lambda) \cdot 46,2 \text{ тис. грн;}$$

$$4) G_{u4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 100 + (1-\lambda) \cdot 58,9 \text{ тис. грн.}$$

Розв'язок. За критерієм $G_u^- = [\lambda \cdot V_a^- + (1-\lambda) \cdot B_a^-] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij})$ будуємо графіки для варіантів:

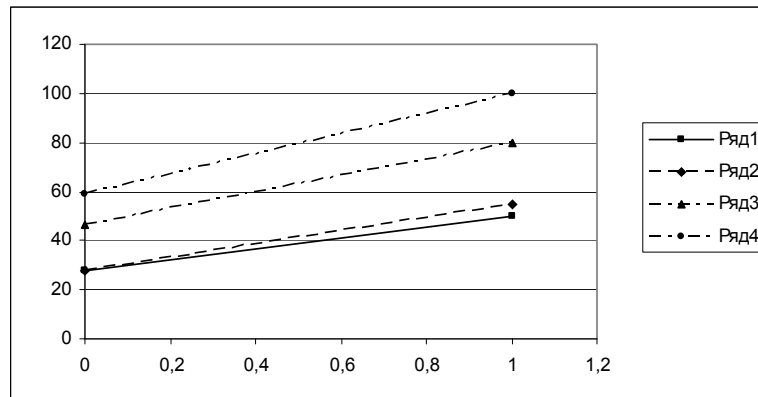
1) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u1}^- = 27,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u1}^- = 50$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u2}^- = 27,4$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u2}^- = 55$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u3}^- = 46,2$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u3}^- = 80$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u4}^- = 58,9$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u4}^- = 100$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Гурвіца приймається переважно застосуванням критерію Байеса – мінімуму математичного очікування збитку, а при великих – критерію гарантованого мінімуму збитку Вальда – мінімального з максимальних збитків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що незалежно від значення λ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_1 , тобто у даному випадку оптимальне рішення на

випуск продукції лісового господарства не залежить від рівня агресивності навколишнього середовища



4.3.3. Складний критерій (Гурвіца) – гарантованого доходу (Вальда), максимуму математичного очікування доходу та мінімуму питомої похибки прийняття рішення (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^+) – гарантованого доходу Вальда (V_a^+), максимуму математичного очікування доходу та мінімуму питомої похибки прийняття рішення Байеса (B_a^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, дохід (D_{ij}), тис. грн від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3	p_4	D_4
x_1	0,1	15	0,3	50	0,2	35	0,4	10
x_2	0,3	25**	0,25	43	0,4	16	0,05	55
x_3	0,6	83,76	0,2	31 ^{◇◇}	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100	0,45	60	0,34	75	0,2	27 ^{###}

Розв’язок. За критерієм $G_u^+ = [\lambda \cdot V_a^+ + (1 - \lambda) \cdot B_a^+] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij})$ знаходимо для варіантів:

1) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = D_4 = 10$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,1 \cdot 15 + 0,3 \cdot 50 + 0,2 \cdot 35 + 0,4 \cdot 10 = 27,5$ тис. грн, $G_{u1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 10 + (1 - 0,6) \cdot 27,5 = 17$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = D_3 = 16$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,3 \cdot 25 + 0,25 \cdot 43 + 0,4 \cdot 16 + 0,05 \cdot 55 = 27,4$ тис. грн, $G_{u2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 16 + (1-0,6) \cdot 27,4 = 20,56$ тис. грн

для продукції x_2 ;

3) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = D_3 = 20$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 83,76 + 0,2 \cdot 31 + 0,05 \cdot 20 + 0,15 \cdot 80 = 69,4$ тис. грн, $G_{u3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 20 + (1-0,6) \cdot 69,4 = 39,76$ тис. грн

для продукції x_3 ;

4) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = D_4 = 27$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,01 \cdot 100 + 0,45 \cdot 60 + 0,34 \cdot 75 + 0,2 \cdot 27 = 58,9$ тис. грн, $G_{u4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 27 + (1-0,6) \cdot 58,9 = 39,76$ тис. грн

для продукції x_4 . Отже, прийнятними будуть третій та четвертий варіанти, де $G_{u3}^+ = G_{u4}^+ = 39,76$ тис. грн однаково максимальні. Для того, щоб зняти невизначеність для цих варіантів, застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[G_u^+] = \min_{(i)} \sigma_{ij} / M[G_u^+]$, де $\sigma_{ij} = \sqrt{D[G_u^+]}$ – середньоквадратичне відхилення G_u^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

3) $D_{G_3} = [\lambda^2 + (1-\lambda)^2] \cdot D_{x3} = [0,6^2 + (1-0,6)^2] \cdot [(69,4 - 83,67)^2 \cdot 0,6 + (69,4 - 31)^2 \cdot 0,2 + (69,4 - 20)^2 \cdot 0,05 + (69,4 - 80)^2 \cdot 0,15] = 0,52 \cdot 555,96 = 289,1$ (тис. грн)²,
 $C_{VR1} = \sqrt{289,1} / 69,4 = 0,24$;

4) $D_{G_4} = [\lambda^2 + (1-\lambda)^2] \cdot D_{x4} = [0,6^2 + (1-0,6)^2] \cdot [(58,9 - 100)^2 \cdot 0,01 + (58,9 - 60)^2 \cdot 0,45 + (58,9 - 75)^2 \cdot 0,34 + (58,9 - 27)^2 \cdot 0,2] = 160,72$ (тис. грн)², $C_{VR3} = \sqrt{160,72} / 58,9 = 0,22$.

Тобто, з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) оптимальним буде четвертий варіант рішення.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^+) – гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та максимуму математичного очікування доходу Байеса (B_a^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) G_{u1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 10 + (1-\lambda) \cdot 27,5 \text{ тис. грн};$$

$$2) G_{u2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 16 + (1-\lambda) \cdot 27,4 \text{ тис. грн};$$

$$3) G_{u3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 20 + (1-\lambda) \cdot 69,4 \text{ тис. грн};$$

$$4) G_{u4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 27 + (1-\lambda) \cdot 58,9 \text{ тис. грн}.$$

Розв'язок. За критерієм $G_u^+ = [\lambda \cdot V_a^+ + (1-\lambda) \cdot B_a^+] = \max_{(i)} \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot p_{ij}$

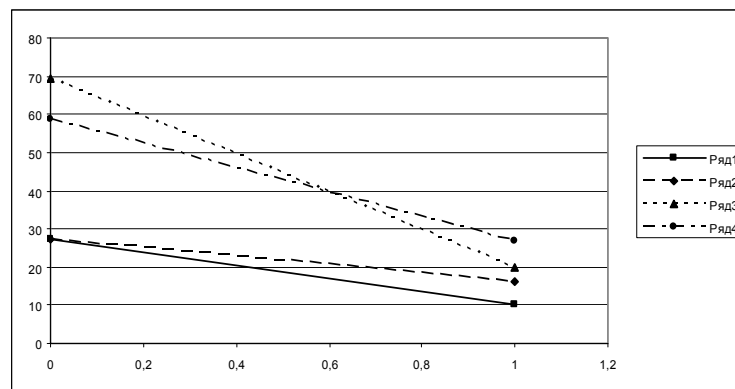
будуємо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u1}^+ = 27,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u1}^+ = 10$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u2}^+ = 27,4$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u2}^+ = 16$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u3}^+ = 69,4$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u3}^+ = 20$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u4}^+ = 58,9$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u4}^+ = 27$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Гурвіца приймається переважно застосуванням критерію Байеса – максимуму математичного очікування доходу, а при великих – критерію гарантованого доходу Вальда – максимального з мінімальних доходів (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що оптимальне рішення залежить від значення λ : при $\lambda = [0-0,6)$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_3 ; при $\lambda = (0,6-1]$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_4 ; при $\lambda = 0,6$, значення якого знаходять з рівняння $G_{u3}^+ = G_{u4}^+$ або $\lambda \cdot 20 + (1-\lambda) \cdot 69,4 = \lambda \cdot 27 + (1-\lambda) \cdot 58,9$, виникає невизначеність, яку розв'язують застосуванням критеріїв мінімуму дисперсії або мінімуму коефіцієнта коваріації.



4.3.4. Складний критерій (Гурвіца) – гарантованого мінімуму збитку (Вальда), мінімуму математичного очікування збитку та мінімуму питомої похибки прийняття рішення (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^-) – гарантованого мінімуму збитку Вальда (V_a^-), мінімуму математичного очікування збитку та мінімуму питомої похибки прийняття рішення Байеса (B_a^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє”

агресивно, витрати (B_{ij}), тис. грн, від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3	p_4	B_4
x_1	0,1	15*	0,3	50	0,2	35	0,4	10
x_2	0,3	25	0,25	13,4	0,4	16 [◇]	0,05	55
x_3	0,6	45	0,2	31	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100	0,45	60 ^{##}	0,34	75	0,2	27

Розв'язок. За критерієм $G_u^- = [\lambda \cdot V_u^- + (1 - \lambda) \cdot B_u^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij})$ знаходимо для варіантів:

1) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_2 = 50$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,1 \cdot 15 + 0,3 \cdot 50 + 0,2 \cdot 35 + 0,4 \cdot 10 = 27,5$ тис. грн, $G_{u1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 50 + (1 - 0,6) \cdot 27,5 = 41$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_4 = 55$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,3 \cdot 25 + 0,25 \cdot 13,4 + 0,4 \cdot 16 + 0,05 \cdot 55 = 20$ тис. грн, $G_{u2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 55 + (1 - 0,6) \cdot 20 = 41$ тис. грн для продукції x_2 ;

3) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_4 = 80$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 45 + 0,2 \cdot 31 + 0,05 \cdot 20 + 0,15 \cdot 80 = 46,2$ тис. грн, $G_{u3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 80 + (1 - 0,6) \cdot 46,2 = 66,48$ тис. грн для продукції x_3 ;

4) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_1 = 100$ тис. грн, $\sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,01 \cdot 100 + 0,45 \cdot 60 + 0,34 \cdot 75 + 0,2 \cdot 27 = 58,9$ тис. грн, $G_{u4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 100 + (1 - 0,6) \cdot 58,9 = 83,56$ тис. грн для продукції x_4 .

Отже, прийнятними будуть перший та другий варіанти, де $G_{u1}^- = G_{u2}^- = 41$ тис. грн однаково мінімальні. Для того, щоб зняти невизначеність для цих варіантів застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(i)} C_v[G_u^-] = \min_{(i)} \sigma_{ij} / M[G_u^-]$, де $\sigma_{ij} = \sqrt{D[G_u^-]}$ – середньоквадратичне відхилення G_u^- , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) D_{G_1} = [\lambda^2 + (1-\lambda)^2] \cdot D_{x_1} = [0,6^2 + (1-0,6)^2] \cdot [(27,5-15)^2 \cdot 0,1 + (27,5-50)^2 \cdot 0,3 + (27,5-35)^2 \cdot 0,2 + (27,5-10)^2 \cdot 0,4] = 0,52 \cdot 301,26 = 156,66 \text{ (тис. грн)}^2,$$

$$C_{VG_{u1}} = \sqrt{156,66} / 27,5 = 0,46;$$

$$2) D_{G_2} = [\lambda^2 + (1-\lambda)^2] \cdot D_{x_2} = [0,6^2 + (1-0,6)^2] \cdot [(20-25)^2 \cdot 0,3 + (20-13,4)^2 \cdot 0,25 + (20-16)^2 \cdot 0,4 + (20-55)^2 \cdot 0,05] = 44,74 \text{ (тис. грн)}^2, C_{VG_{u2}} = \sqrt{44,74} / 20 = 0,33.$$

Тобто, оптимальним буде другий варіант рішення з найменшою питомою похибкою.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за критерієм Гурвіца (G_u^-) – гарантованого мінімуму збитку Вальда (V_a^-) та мінімуму математичного очікування збитку Байеса (B_a^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) G_{u1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 50^{**} + (1-\lambda) \cdot 27,5 \text{ тис. грн};$$

$$2) G_{u2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 55 + (1-\lambda) \cdot 20 \text{ тис. грн};$$

$$3) G_{u3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 80 + (1-\lambda) \cdot 46,2^{##} \text{ тис. грн};$$

$$4) G_{u4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 100 + (1-\lambda) \cdot 58,9 \text{ тис. грн}.$$

Розв’язок. За критерієм $G_u^- = [\lambda \cdot V_a^- + (1-\lambda) \cdot B_a^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot p_{ij})$ будуємо графіки для варіантів:

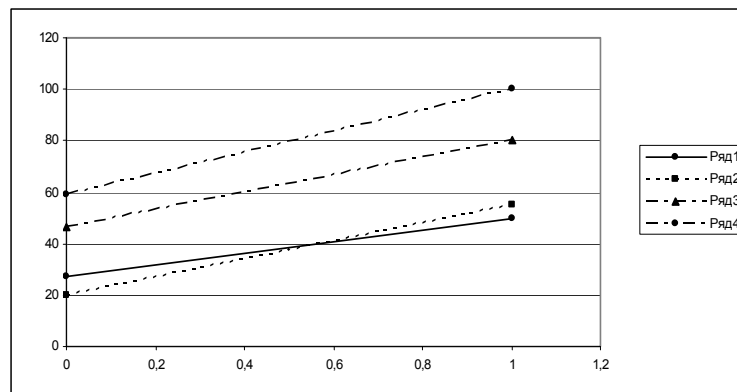
1) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u1}^- = 27,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u1}^- = 50$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u2}^- = 20$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u2}^- = 55$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u3}^- = 46,2$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u3}^- = 80$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u4}^- = 58,9$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u4}^- = 100$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Гурвіца приймається переважно застосуванням критерію Байеса – мінімуму математичного очікування збитку, а при великих – критерію гарантованого мінімуму збитку Вальда – мінімального з максимальних збитків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що оптимальне рішення залежить від значення λ : при $\lambda = [0-0,6)$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_2 ; при $\lambda = (0,6-1]$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_1 ; при $\lambda = 0,6$, значення якого знаходять з рівняння $G_{u1}^- = G_{u2}^-$ або $\lambda \cdot 50 + (1-\lambda) \cdot 27,5 = \lambda \cdot 55 + (1-\lambda) \cdot 20$,

виникає невизначеність, яку розв'язують застосуванням критеріїв мінімуму дисперсії або мінімуму коефіцієнта коваріації.



4.3.5. Складний критерій (Ходжеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа) та максимуму математичного очікування ризику доходу (Бернулі), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Ходжеса (H_o^+) – гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+) та максимуму математичного очікування ризику доходу Бернулі (B_e^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, дохід (D_{ij}), тис. грн від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3	p_4	D_4
x_1	0,1	15	0,3	50	0,2	35	0,4	10*
x_2	0,3	25	0,25	43	0,4	16 [#]	0,05	55
x_3	0,6	45	0,2	31 [◇]	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100**	0,45	60	0,34	75	0,2	27

Розв'язок. За критерієм $H_o^+ = [\lambda \cdot S_e^+ + (1 - \lambda) \cdot B_e^+] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij})$ розраховуємо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$, заносимо їх в таблицю та знаходимо для варіантів:

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3	p_4	r_4
x_1	0,1	35	0,3	0	0,2	15	0,4	40
x_2	0,3	30	0,25	12	0,4	39	0,05	0
x_3	0,6	35	0,2	49	0,05	60	0,15	0
x_4	0,01	0	0,45	40	0,34	25	0,2	73

1) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_2 = 0$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,1 \cdot 35 + 0,3 \cdot 0 + 0,2 \cdot 15 + 0,4 \cdot 40 = 22,5$ тис. грн, $H_{o1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 22,5 = 9$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_4 = 0$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,3 \cdot 30 + 0,25 \cdot 12 + 0,4 \cdot 39 + 0,05 \cdot 0 = 27,6$ тис. грн, $H_{o2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 27,6 = 11,04$ тис. грн для продукції x_2 ;

3) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_4 = 0$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 35 + 0,2 \cdot 49 + 0,05 \cdot 60 + 0,15 \cdot 0 = 33,8$ тис. грн, $H_{o3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 33,8 = 13,52$ тис. грн для продукції x_3 ;

4) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_1 = 0$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,01 \cdot 0 + 0,45 \cdot 40 + 0,34 \cdot 25 + 0,2 \cdot 73 = 41,1$ тис. грн, $H_{o4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 41,1 = 16,44$ тис. грн для продукції x_4 .

Отже, оптимальним буде четвертий варіант, для якого показник $H_{o4}^+ = 16,44$ тис. грн максимальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за критерієм Ходжеса (H_o^+) – гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+) та максимуму математичного очікування ризику доходу Бернуллі (B_e^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) H_{o1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 22,5^{\#} \text{ тис. грн};$$

$$2) H_{o2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 27,6^* \text{ тис. грн};$$

$$3) H_{o3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 33,8 \text{ тис. грн};$$

$$4) H_{o4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 41,1 \text{ тис. грн.}$$

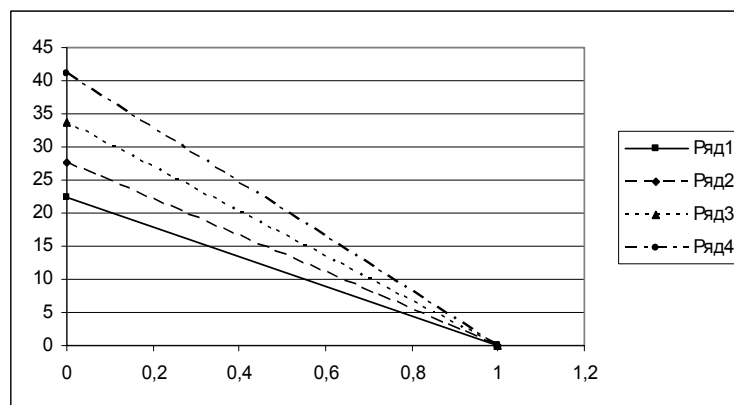
Розв'язок. За критерієм $H_o^+ = [\lambda \cdot S_e^+ + (1-\lambda) \cdot B_e^+] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij})$ будуюмо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o1}^+ = 22,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o1}^+ = 0$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o2}^+ = 27,6$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o2}^+ = 0$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o3}^+ = 33,8$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o3}^+ = 0$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o4}^+ = 41,1$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o4}^+ = 0$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Ходжеса приймається переважно застосуванням критерію Бернуллі – максимуму математичного очікування ризику доходу, а при великих – гарантованого мінімуму ризику доходу Севіджа – максимального з мінімальних ризиків доходів (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що незалежно від значення λ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_4 , тобто у даному випадку оптимальне рішення на випуск продукції лісового господарства не залежить від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.6 Складний критерій (Ходжеса) – гарантованого мінімуму ризику збитку (Севіджа) та мінімуму математичного очікування ризику збитку (Бернуллі), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Ходжеса (H_o^-) – гарантованого мінімуму ризику збитку Севіджа (S_e^-) та мінімуму математичного очікування ризику збитку Бернуллі (B_e^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, витрати (B_{ij}), тис. грн від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3	p_4	B_4
x_1	0,1	15	0,3	50	0,2	35 [◇]	0,4	10
x_2	0,3	25	0,25	43	0,4	16*	0,05	55
x_3	0,6	45	0,2	31 [#]	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100**	0,45	60	0,34	75	0,2	27

Розв’язок. За критерієм $H_o^- = [\lambda \cdot S_e^- + (1 - \lambda) \cdot B_e^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij})$ розраховуємо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та знаходимо для варіантів:

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3	p_4	r_4
x_1	0,1	5	0,3	40	0,2	25	0,4	0
x_2	0,3	9	0,25	27	0,4	0	0,05	39
x_3	0,6	25	0,2	11	0,05	0	0,15	60
x_4	0,01	73	0,45	33	0,34	48	0,2	0

1) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_2 = 40$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,1 \cdot 5 + 0,3 \cdot 40 + 0,2 \cdot 25 + 0,4 \cdot 0 = 17,5$ тис. грн, $H_{o1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 40 + (1 - 0,6) \cdot 17,5 = 31$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_4 = 39$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,3 \cdot 9 + 0,25 \cdot 27 + 0,4 \cdot 0 + 0,05 \cdot 39 = 11,4$ тис. грн, $H_{o2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 39 + (1 - 0,6) \cdot 11,4 = 27,96$ тис. грн для продукції x_2 ;

3) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_4 = 60$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 25 + 0,2 \cdot 11 + 0,05 \cdot 0 + 0,15 \cdot 60 = 26,2$ тис. грн, $H_{o3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 60 + (1-0,6) \cdot 26,2 = 46,48$ тис. грн для продукції x_3 ;

4) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_1 = 73$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,01 \cdot 73 + 0,45 \cdot 33 + 0,34 \cdot 48 + 0,2 \cdot 0 = 31,9$ тис. грн, $H_{o4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 73 + (1-0,6) \cdot 31,9 = 56,56$ тис. грн для продукції x_4 .

Отже, оптимальним буде другий варіант, для якого показник $H_{o2}^- = 27,96$ тис. грн мінімальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за критерієм Ходжеса (H_o^-) – гарантованого мінімуму ризику збитку Севіджа (S_e^-) та мінімуму математичного очікування ризику збитку Бернуллі (B_e^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) H_{o1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 40 + (1-\lambda) \cdot 17,5 \text{ тис. грн};$$

$$2) H_{o2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 39^* + (1-\lambda) \cdot 11,4 \text{ тис. грн};$$

$$3) H_{o3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 60 + (1-\lambda) \cdot 26,2 \text{ тис. грн};$$

$$4) H_{o4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 73 + (1-\lambda) \cdot 31,9^\# \text{ тис. грн}.$$

Розв'язок. За критерієм $H_o^- = [\lambda \cdot S_e^- + (1-\lambda) \cdot B_e^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij})$ будуюмо графіки для варіантів:

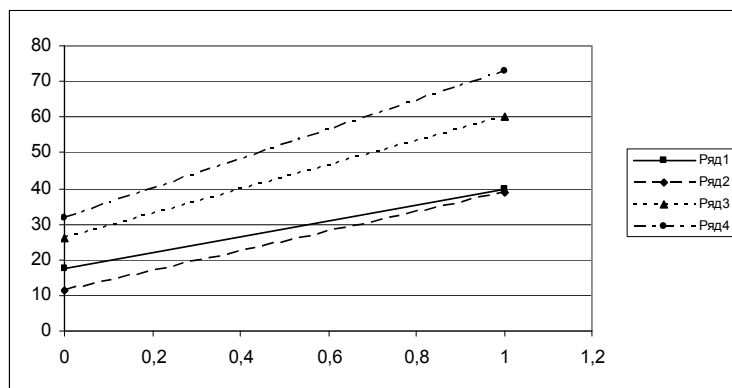
1) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o1}^- = 17,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o1}^- = 40$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o2}^- = 11,4$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o2}^- = 39$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o3}^- = 26,2$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o3}^- = 60$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o4}^- = 31,9$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o4}^- = 73$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Ходжеса приймається переважно застосуванням критерію Бернуллі – максимуму математичного очікування ризику збитку, а при великих – гарантованого мінімуму ризику збитку Севіджа – мінімального з максимальних ризиків збитків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що незалежно від значення λ оптимальним рішенням

буде випуск продукції x_2 , тобто у даному випадку оптимальне рішення на випуск продукції лісового господарства не залежить від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.7 Складний критерій (Ходжеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа), максимуму математичного очікування ризику доходу та мінімуму питомої похибки прийняття рішення (Бернулі), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Ходжеса (H_e^+) – гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+), максимуму математичного очікування ризику доходу та мінімуму питомої похибки прийняття рішення Бернулі (B_e^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, дохід (D_{ij}), тис. грн від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3	p_4	D_4
x_1	0,1	15	0,3	50**	0,2	35	0,4	10
x_2	0,3	25	0,25	43	0,4	16	0,05	55
x_3	0,6	32,83	0,2	31	0,05	20 [◇]	0,15	80
x_4	0,01	100 [#]	0,45	60	0,34	75	0,2	27

Розв’язок. За критерієм $H_b^+ = [\lambda \cdot S_e^+ + (1 - \lambda) \cdot B_e^+] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij})$ розраховуємо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$, заносимо їх в таблицю та знаходимо для варіантів:

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3	p_4	r_4
x_1	0,1	35	0,3	0	0,2	15	0,4	40
x_2	0,3	30	0,25	12	0,4	39	0,05	0
x_3	0,6	47,17	0,2	49	0,05	60	0,15	0
x_4	0,01	0	0,45	40	0,34	25	0,2	73

1) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_2 = 0$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,1 \cdot 35 + 0,3 \cdot 0 + 0,2 \cdot 15 + 0,4 \cdot 40 = 22,5$ тис. грн, $H_{o1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 22,5 = 9$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_4 = 0$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,3 \cdot 30 + 0,25 \cdot 12 + 0,4 \cdot 39 + 0,05 \cdot 0 = 27,6$ тис. грн, $H_{o2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 27,6 = 11,04$ тис. грн для продукції x_2 ;

3) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_4 = 0$ тис. грн $\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 47,17 + 0,2 \cdot 49 + 0,05 \cdot 60 + 0,15 \cdot 0 = 41,1$ тис. грн, $H_{o3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 41,1 = 16,44$ тис. грн для продукції x_3 ;

4) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_1 = 0$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,01 \cdot 0 + 0,45 \cdot 40 + 0,34 \cdot 25 + 0,2 \cdot 73 = 41,1$ тис. грн, $H_{o4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 41,1 = 16,44$ тис. грн

для продукції x_4 . Отже, прийнятними будуть третій та четвертий варіанти, де $H_{o3}^+ = H_{o4}^+ = 41,1$ тис. грн однаково максимальні. Для того, щоб зняти невизначеність цих варіантів застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто $\min_{(j)} C_v[H_o^+] = \min_{(j)} \sigma_j / M[H_o^+]$, де $\sigma_j = \sqrt{D[H_o^+]}$ –

середньоквадратичне відхилення H_o^+ , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$3) D_{H_{o3}} = [\lambda^2 + (1-\lambda)^2] \cdot D_{x3} = [0,6^2 + (1-0,6)^2] \cdot [(41,1-47,17)^2 \cdot 0,6 + (41,1-49)^2 \cdot 0,2 + (41,1-60)^2 \cdot 0,05 + (41,1-0)^2 \cdot 0,15] = 0,52 \cdot 305,83 = 159,03 \text{ (тис. грн)}^2, C_{vH_{o3}} = \sqrt{159,03} / 41,1 = 0,31;$$

$$4) D_{H_{o4}} = [\lambda^2 + (1-\lambda)^2] \cdot D_{x4} = [0,6^2 + (1-0,6)^2] \cdot [(41,1-0)^2 \cdot 0,01 + (41,1-40)^2 \cdot 0,45 + (41,1-25)^2 \cdot 0,34 + (41,1-73)^2 \cdot 0,2] = 160,72 \text{ (тис. грн)}^2, C_{vH_{o4}} = \sqrt{160,72} / 41,1 = 0,31.$$

Тобто, питомі похибки (коефіцієнти коваріації) однакові, тому оптимальним буде третій варіант рішення з найменшою дисперсією $D_{H_{o3}} = 159,03 \text{ (тис. грн)}^2$.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за критерієм Ходжеса (H_o^+) – гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+) та максимуму математичного очікування ризику доходу Бернуллі (B_e^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) H_{o1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 22,5^* \text{ тис. грн};$$

$$2) H_{o2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 27,6^\diamond \text{ тис. грн};$$

$$3) H_{o3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 41,1^\# \text{ тис. грн};$$

$$4) H_{o4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 41,1^\# \text{ тис. грн}.$$

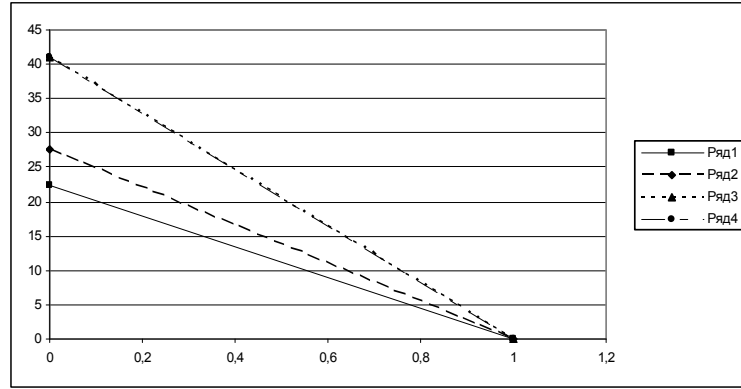
Розв’язок. За критерієм $H_o^+ = [\lambda \cdot S_e^+ + (1-\lambda) \cdot B_e^+] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot p_{ij})$ будемо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o1}^+ = 22,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o1}^+ = 0$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o2}^+ = 27,6$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o2}^+ = 0$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o3}^+ = 41,1$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o3}^+ = 0$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o4}^+ = 41,1$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o4}^+ = 0$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Ходжеса приймається переважно застосуванням критерію Бернуллі – максимуму математичного очікування ризику доходу, а при великих – гарантованого мінімуму ризику доходу Севіджа – максимального з мінімальних ризиків доходів (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що незалежно від значення λ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_3 або x_4 , тобто у даному випадку оптимальне рішення на випуск продукції лісового господарства не залежить від рівня агресивності навколишнього середовища. Для того, щоб зняти невизначеність цих варіантів необхідно застосувати критерій мінімуму похибки прийняття рішення.



4.3.8. Складний критерій (Ходжеса) – гарантованого ризику збитку (Севіджа), мінімуму математичного очікування ризику збитку та мінімуму питомої похибки прийняття рішення (Бернулї), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Ходжеса (H_o^-) – гарантованого ризику збитку Севіджа (S_e^-) мінімуму математичного очікування ризику збитку та мінімуму питомої похибки прийняття рішення Бернулї (B_e^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, витрати (B_{ij}), тис. грн від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3	p_4	B_4
x_1	0,1	15*	0,3	50	0,2	35	0,4	10
x_2	0,3	49	0,25	44,6	0,4	16	0,05	55
x_3	0,6	45	0,2	31 \diamond	0,05	20	0,15	80 $\#$
x_4	0,01	100	0,45	60	0,34	75**	0,2	27

Розв’язок. За критерієм $H_o^- = [\lambda \cdot S_e^- + (1 - \lambda) \cdot B_e^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij})$ розраховуємо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та знаходимо для варіантів:

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3	p_4	r_4
x_1	0,1	5	0,3	40	0,2	25	0,4	0
x_2	0,3	33	0,25	28,6	0,4	0	0,05	39
x_3	0,6	25	0,2	11	0,05	0	0,15	60
x_4	0,01	73	0,45	33	0,34	48	0,2	0

1) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_2 = 40$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,1 \cdot 5 + 0,3 \cdot 40 + 0,2 \cdot 25 + 0,4 \cdot 0 = 17,5$ тис. грн, $H_{o1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 40 + (1 - 0,6) \cdot 17,5 = 31$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_4 = 39$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,3 \cdot 33 + 0,25 \cdot 28,6 + 0,4 \cdot 0 + 0,05 \cdot 39 = 19$ тис. грн, $H_{o2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 39 + (1 - 0,6) \cdot 19 = 31$ тис. грн для продукції x_2 ;

3) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_4 = 60$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 25 + 0,2 \cdot 11 + 0,05 \cdot 0 + 0,15 \cdot 60 = 26,2$ тис. грн, $H_{o3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 60 + (1 - 0,6) \cdot 26,2 = 46,48$ тис. грн для продукції x_3 ;

4) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_1 = 73$ тис. грн, $\sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,01 \cdot 73 + 0,45 \cdot 33 + 0,34 \cdot 48 + 0,2 \cdot 0 = 31,9$ тис. грн, $H_{o4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = 0,6 \cdot 73 + (1 - 0,6) \cdot 31,9 = 56,56$ тис. грн для продукції x_4 .

Отже, прийнятними будуть перший та другий варіанти, де $H_{o1}^- = H_{o2}^- = 31$ тис. грн однаково мінімальні. Для того, щоб зняти невизначеність цих варіантів застосуємо критерій мінімуму похибки прийняття рішення, тобто, $\min_{(i)} C_v[H_o^-] = \min_{(i)} \sigma_j / M[H_o^-]$, де $\sigma_j = \sqrt{D[H_o^-]}$ – середньоквадратичне відхилення H_o^- , кількісне значення якого розраховуємо для варіантів:

$$1) D_{H_{o1}} = [\lambda^2 + (1 - \lambda)^2] \cdot D_{x1} = [0,6^2 + (1 - 0,6)^2] \cdot [(17,5 - 5)^2 \cdot 0,1 + (17,5 - 40)^2 \cdot 0,3 + (17,5 - 25)^2 \cdot 0,2 + (17,5 - 0)^2 \cdot 0,4] = 0,52 \cdot 301,26 = 156,66 \text{ (тис. грн)}^2, C_{vH_{o1}} = \sqrt{156,66} / 17,5 = 0,72;$$

$$2) D_{H_{o2}} = [\lambda^2 + (1 - \lambda)^2] \cdot D_{x2} = [0,6^2 + (1 - 0,6)^2] \cdot [(19 - 33)^2 \cdot 0,3 + (19 - 28,6)^2 \cdot 0,25 + (19 - 0)^2 \cdot 0,4 + (19 - 0)^2 \cdot 0,4 + (19 - 39)^2 \cdot 0,05] = 128,04 \text{ (тис. грн)}^2, C_{vH_{o2}} = \sqrt{128,04} / 19 = 0,6. \text{ Отже, з найменшою питомою похибкою (коефіцієнтом коваріації) } C_{vH_{o2}} = 0,6 \text{ оптимальним буде другий варіант рішення.}$$

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Ходжеса (H_o^-) – гарантованого ризику збитку (Севіджа S_e^-) та мінімуму математичного очікування ризику збитку (Бернуллі B_r^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) H_{o1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 40 + (1-\lambda) \cdot 17,5 \text{ тис. грн};$$

$$2) H_{o2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 39 + (1-\lambda) \cdot 19 \text{ тис. грн};$$

$$3) H_{o3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 60 + (1-\lambda) \cdot 26,2 \text{ тис. грн};$$

$$4) H_{o4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij} = \lambda \cdot 73 + (1-\lambda) \cdot 31,9 \text{ тис. грн}.$$

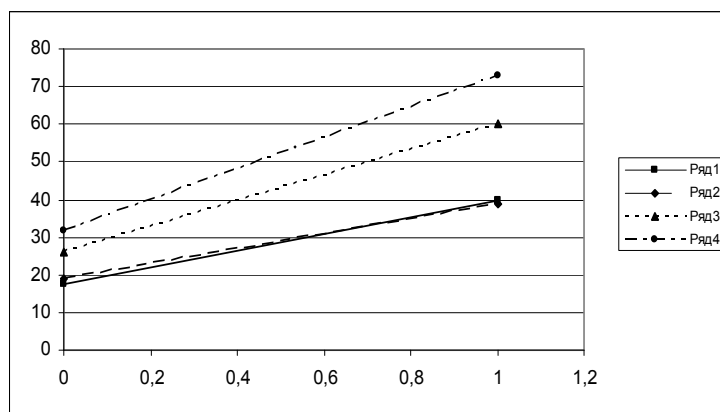
Розв'язок. За критерієм $H_o^- = [\lambda \cdot S_e^- + (1-\lambda) \cdot B_e^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot p_{ij})$ будемо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o1}^- = 17,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o1}^- = 40$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o2}^- = 19$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o2}^- = 39$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o3}^- = 26,2$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o3}^- = 60$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o4}^- = 31,9$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o4}^- = 73$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Ходжеса приймається переважно застосуванням критерію Бернуллі – максимуму математичного очікування ризику збитку, а при великих – гарантованого ризику збитку Севіджа – мінімального з максимальних ризиків збитків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що оптимальне рішення залежить від значення λ : при $\lambda = [0-0,6)$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_1 ; при $\lambda = (0,6-1]$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_2 ; при $\lambda = 0,6$, значення якого знаходять з рівняння $H_{o1}^- = H_{o2}^-$ або $\lambda \cdot 40 + (1-\lambda) \cdot 17,5 = \lambda \cdot 39 + (1-\lambda) \cdot 19$, виникає невизначеність, яку розв'язують застосуванням критеріїв мінімуму дисперсії або мінімуму коефіцієнта коваріації.



4.3.9. Складний критерій (Гурвіца) – критерій гарантованого доходу (Вальда) та модальний критерій доходу (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^+) – критерієм гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та модальним критерієм доходу Байеса (B_a^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, дохід (D_{ij}), тис. грн від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3	p_4	D_4
x_1	0,1	15*	0,3	50	0,2	35	0,4	10
x_2	0,3	25	0,25	43 [◇]	0,4	16	0,05	55
x_3	0,6	45	0,2	31	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100	0,45	60	0,34	75 [#]	0,2	27

Розв'язок. За критерієм $G_u^+ = [\lambda \cdot V_a^+ + (1-\lambda) \cdot B_a^+] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^+)$ знаходимо для варіантів:

$$1) \min_{(j)} f_{ij}^+ = D_4 = 10 \text{ тис. грн, } f_{ij \max p_j}^+ = f_{1jp_4=0,4}^+ = D_4 = 10 \text{ тис. грн,}$$

$$G_{u1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot D_4 = 0,6 \cdot 10 + (1-0,6) \cdot 10 = 10 \text{ тис. грн для продукції } x_1;$$

$$2) \min_{(j)} f_{ij}^+ = D_3 = 16 \text{ тис. грн, } f_{ij \max p_j}^+ = f_{2jp_3=0,4}^+ = D_3 = 16 \text{ тис. грн,}$$

$$G_{u2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot D_3 = 0,6 \cdot 16 + (1-0,6) \cdot 16 = 16 \text{ тис. грн для продукції } x_2;$$

$$3) \min_{(j)} f_{ij}^+ = D_3 = 20 \text{ тис. грн, } f_{ij \max p_j}^+ = f_{3jp_1=0,6}^+ = D_1 = 45 \text{ тис. грн,}$$

$$G_{u3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot D_1 = 0,6 \cdot 20 + (1-0,6) \cdot 45 = 30 \text{ тис. грн для продукції } x_3;$$

$$4) \min_{(j)} f_{ij}^+ = D_4 = 27 \text{ тис. грн, } f_{ij \max p_j}^+ = f_{4jp_2=0,45}^+ = D_2 = 60 \text{ тис. грн,}$$

$$G_{u4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot D_2 = 0,6 \cdot 27 + (1-0,6) \cdot 60 = 40,2 \text{ тис. грн для продукції } x_4.$$

Отже, оптимальним буде четвертий варіант, для якого показник $G_{u4}^+ = 40,2$ тис. грн максимальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^+) – критерієм гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та модальним критерієм доходу Байеса (B_a^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на

підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) G_{u1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^+ = \lambda \cdot 10 + (1-\lambda) \cdot 10 \text{ тис. грн};$$

$$2) G_{u2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^+ = \lambda \cdot 16 + (1-\lambda) \cdot 16 \text{ тис. грн};$$

$$3) G_{u3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^+ = \lambda \cdot 20 + (1-\lambda) \cdot 45 \text{ тис. грн};$$

$$4) G_{u4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^+ = \lambda \cdot 27 + (1-\lambda) \cdot 60 \text{ тис. грн}.$$

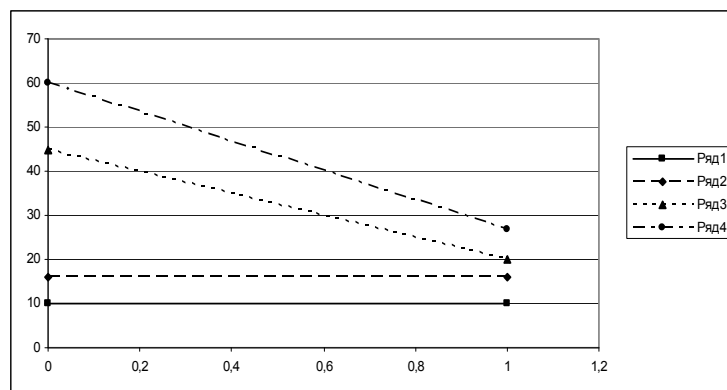
Розв'язок. За критерієм $G_u^+ = [\lambda \cdot V_a^+ + (1-\lambda) \cdot B_a^+] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^+)$ будуємо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u1}^+ = 10$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u1}^+ = 10$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u2}^+ = 16$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u2}^+ = 16$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u3}^+ = 45$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u3}^+ = 20$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u4}^+ = 60$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u4}^+ = 27$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Гурвіца приймається переважно застосуванням модального критерію Байеса, а при великих – критерію гарантованого доходу Вальда – максимального з мінімальних доходів (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що незалежно від значення λ оптимальним рішенням є випуск продукції x_4 , тобто у даному випадку оптимальне рішення на випуск продукції лісового господарства не залежить від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.10. Складний критерій (Гурвіца) – критерій гарантованого збитку (Вальда) та модальний критерій збитку (Байеса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^-) – критерієм гарантованого збитку Вальда (V_a^-) та модальним критерієм збитку Байеса (B_a^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, витрати (B_{ij}), тис. грн від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3	p_4	B_4
x_1	0,1	15	0,3	50	0,2	35	0,4	10*
x_2	0,3	25	0,25	43 [◇]	0,4	16	0,05	55
x_3	0,6	45	0,2	31	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100 ^{###}	0,45	60	0,34	75	0,2	27

Розв’язок: За критерієм $G_u^- = [\lambda \cdot V_a^- + (1-\lambda) \cdot B_a^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^-)$ знаходимо для варіантів:

1) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_2 = 50$ тис. грн, $f_{ij \max p_j}^- = f_{1jp_4=0,4}^- = B_4 = 10$ тис. грн, $G_{u1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^- = 0,6 \cdot 50 + (1-0,6) \cdot 10 = 34$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_4 = 55$ тис. грн, $f_{ij \max p_j}^- = f_{2jp_3=0,4}^- = B_3 = 16$ тис. грн, $G_{u2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^- = 0,6 \cdot 55 + (1-0,6) \cdot 16 = 39,4$ тис. грн для продукції x_2 ;

3) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_4 = 80$ тис. грн, $f_{ij \max p_j}^- = f_{3jp_1=0,6}^- = B_1 = 45$ тис. грн, $G_{u3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^- = 0,6 \cdot 80 + (1-0,6) \cdot 45 = 66$ тис. грн для продукції x_3 ;

4) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_1 = 100$ тис. грн, $f_{ij \max p_j}^- = f_{4jp_2=0,45}^- = B_2 = 60$ тис. грн, $G_{u4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^- = 0,6 \cdot 100 + (1-0,6) \cdot 60 = 84$ тис. грн для продукції x_4 . Отже,

оптимальним буде перший варіант, для якого критерій $G_{u1}^- = 34$ тис. грн мінімальний.

Б. Побудувати графіки і проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Гурвіца (G_u^-) – критерієм гарантованого мінімуму збитку Вальда (V_a^-) та модальним критерієм збитку Байеса (B_a^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) G_{u1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^- = \lambda \cdot 50 + (1-\lambda) \cdot 10^* \text{ тис. грн};$$

$$2) G_{u2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^- = \lambda \cdot 55 + (1-\lambda) \cdot 16 \text{ тис. грн};$$

$$3) G_{u3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^- = \lambda \cdot 80^{\#} + (1-\lambda) \cdot 45 \text{ тис. грн};$$

$$4) G_{u4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^- = \lambda \cdot 100 + (1-\lambda) \cdot 60^{\diamond} \text{ тис. грн.}$$

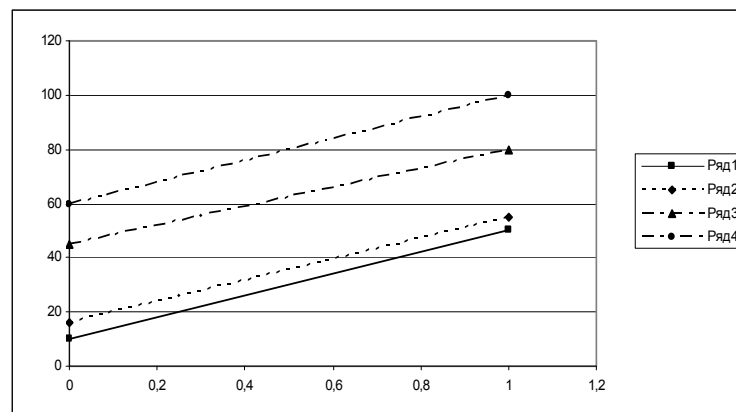
Розв'язок. За критерієм $G_u^- = [\lambda \cdot V_a^- + (1-\lambda) \cdot B_a^-] = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot f_{ij \max p_j}^-)$ будуюмо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u1}^- = 10$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u1}^- = 50$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u2}^- = 16$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u2}^- = 55$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u3}^- = 45$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u3}^- = 80$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $G_{u4}^- = 60$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $G_{u4}^- = 100$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Гурвіца приймається переважно застосуванням модального критерію збитку Байеса, а при великих – критерію гарантованого збитку Вальда – мінімального з максимальних збитків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що незалежно від значення λ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_1 , тобто у даному випадку оптимальне рішення на випуск продукції лісового господарства не залежить від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.11. Складний критерій (Ходжеса) – критерій гарантованого ризику доходу (Севіджа) та модальний критерій ризику доходу (Бернуллі), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Ходжеса (H_o^+) – критерієм гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+) та модальним критерієм ризику доходу Бернуллі (B_e^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, дохід (D_{ij}), тис. грн, від

реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	D_1	p_2	D_2	p_3	D_3	p_4	D_4
x_1	0,1	15	0,3	50 [#]	0,2	35	0,4	0
x_2	0,3	25	0,25	43	0,4	28*	0,05	55
x_3	0,6	45 [◇]	0,2	31	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100	0,45	60	0,34	75	0,2	27

Розв'язок. За критерієм $H_o^+ = \lambda \cdot S_e^+ + (1-\lambda) \cdot B_e^+ = \max_{(i)}(\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+)$ розраховуємо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$, заносимо їх в таблицю та знаходимо для варіантів:

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3	p_4	r_4
x_1	0,1	35	0,3	0	0,2	15	0,4	50
x_2	0,3	30	0,25	12	0,4	27	0,05	0
x_3	0,6	35	0,2	49	0,05	60	0,15	0
x_4	0,01	0	0,45	40	0,34	25	0,2	73

1) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_2 = 0$ тис. грн, $r_{ij \max p_j}^+ = r_{1jp_4=0,4}^+ = r_4 = 50$ тис. грн, $H_{o1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+ = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 50 = 20$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_4 = 0$ тис. грн, $r_{ij \max p_j}^+ = r_{2jp_3=0,4}^+ = r_3 = 27$ тис. грн, $H_{o2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+ = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 27 = 10,8$ тис. грн для продукції x_2 ;

3) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_4 = 0$ тис. грн, $r_{ij \max p_j}^+ = r_{3jp_1=0,6}^+ = r_1 = 35$ тис. грн, $H_{o3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+ = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 35 = 14$ тис. грн для продукції x_3 ;

4) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_1 = 0$ тис. грн, $r_{ij \max p_j}^+ = r_{4jp_2=0,45}^+ = r_2 = 40$ тис. грн, $H_{o4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+ = 0,6 \cdot 0 + (1-0,6) \cdot 40 = 16$ тис. грн для продукції x_4 . Отже, оптимальним буде перший варіант, для якого показник $H_{o1}^+ = 20$ тис. грн максимальний.

Б. Побудувати графіки і проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Ходжеса (H_o^+) – критерієм гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+) та модальним критерієм ризику доходу Бернуллі (B_e^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) H_{o1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 50^{\diamond} \text{ тис. грн};$$

$$2) H_{o2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 27^* \text{ тис. грн};$$

$$3) H_{o3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 35^{\#} \text{ тис. грн};$$

$$4) H_{o4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 40 \text{ тис. грн}.$$

Розв'язок. За критерієм $H_o^+ = \lambda \cdot S_e^+ + (1-\lambda) \cdot B_e^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^+)$ будуємо графіки для варіантів:

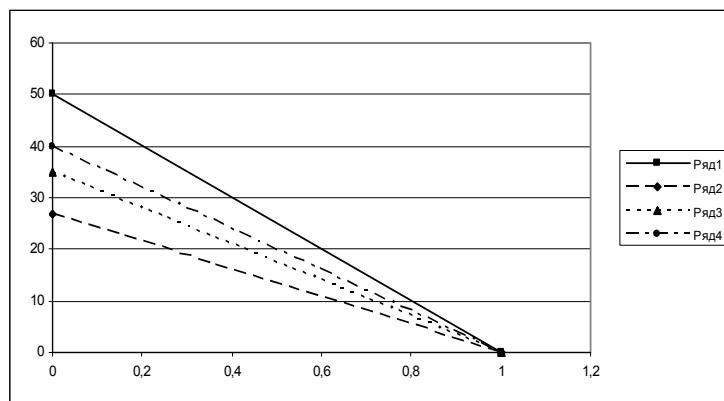
1) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o1}^+ = 50$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o1}^+ = 0$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o2}^+ = 27$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o2}^+ = 0$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o3}^+ = 35$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o3}^+ = 0$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o4}^+ = 40$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o4}^+ = 0$ тис. грн.

Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Ходжеса приймається переважно застосуванням критерію Бернуллі – модального критерію ризику доходу, а при великих – гарантованого мінімуму ризику доходу Севіджа – максимального з мінімальних ризиків доходів (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що незалежно від значення λ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_1 , тобто у даному випадку оптимальне рішення на випуск продукції лісового господарства не залежить від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.12. Складний критерій (Ходжеса) – критерій гарантованого ризику збитку (Севіджа) та модальний критерій ризику збитку (Бернулі), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Ходжеса (H_o^-) – критерієм гарантованого ризику збитку Севіджа (S_e^-) та модальним критерієм ризику збитку Бернулі (B_e^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,6$ навколишнє середовище “діє” агресивно, витрати (B_{ij}), тис. грн, від реалізації i -го виду продукції (x_i), ймовірності (p_{ij}) станів (q_j) навколишнього середовища наведені в таблиці.

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	B_1	p_2	B_2	p_3	B_3	p_4	B_4
x_1	0,1	15	0,3	50	0,2	35	0,4	10
x_2	0,3	25 [◇]	0,25	43	0,4	16	0,05	55
x_3	0,6	45	0,2	31*	0,05	20	0,15	80
x_4	0,01	100	0,45	60	0,34	75 ^{##}	0,2	27

Розв’язок. За критерієм $H_o^- = [\lambda \cdot S_e^- + (1 - \lambda) \cdot B_e^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^-)$ розраховуємо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та знаходимо для варіантів:

Вид продукції	q_1		q_2		q_3		q_4	
	p_1	r_1	p_2	r_2	p_3	r_3	p_4	r_4
x_1	0,1	5	0,3	40	0,2	25	0,4	0
x_2	0,3	9	0,25	27	0,4	0	0,05	39
x_3	0,6	25	0,2	11	0,05	0	0,15	60
x_4	0,01	73	0,45	33	0,34	48	0,2	0

1) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_2 = 40$ тис. грн, $r_{ij \max p_j}^- = r_{1jp_4=0,4}^- = r_4 = 0$ тис. грн, $H_{o1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^- = 0,6 \cdot 40 + (1 - 0,6) \cdot 0 = 24$ тис. грн для продукції x_1 ;

2) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_4 = 39$ тис. грн, $r_{ij \max p_j}^- = r_{2jp_3=0,4}^- = r_3 = 0$ тис. грн, $H_{o2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^- = 0,6 \cdot 39 + (1 - 0,6) \cdot 0 = 23,4$ тис. грн для продукції x_2 ;

3) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_4 = 60$ тис. грн, $r_{ij \max p_j}^- = r_{3jp_1=0,6}^- = r_1 = 25$ тис. грн, $H_{o3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^- = 0,6 \cdot 60 + (1 - 0,6) \cdot 25 = 46$ тис. грн для продукції x_3 ;

4) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_1 = 73$ тис. грн, $r_{ij \max p_j}^- = r_{4jp_2=0,45}^- = r_2 = 33$ тис. грн, $H_{o4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^- = 0,6 \cdot 73 + (1 - 0,6) \cdot 33 = 57$ тис. грн для продукції x_4 . Отже, оптимальним буде другий варіант, для якого показник $H_{o2}^- = 23,4$ тис. грн мінімальний.

Б. Побудувати графіки і проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Ходжеса H_o^- – критерієм гарантованого мінімуму ризику збитку Севіджа (S_e^-) та модальним критерієм ризику збитку Бернуллі (B_e^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) H_{o1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^- = \lambda \cdot 40^{**} + (1-\lambda) \cdot 0 \text{ тис. грн};$$

$$2) H_{o2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^- = \lambda \cdot 39 + (1-\lambda) \cdot 0 \text{ тис. грн};$$

$$3) H_{o3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^- = \lambda \cdot 60 + (1-\lambda) \cdot 25^{\diamond} \text{ тис. грн};$$

$$4) H_{o4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^- = \lambda \cdot 73^{\#} + (1-\lambda) \cdot 33 \text{ тис. грн}.$$

Розв’язок. За критерієм $H_o^- = [\lambda \cdot S_e^- + (1-\lambda) \cdot B_e^-] = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot r_{ij \max p_j}^-)$ будуємо графіки для варіантів:

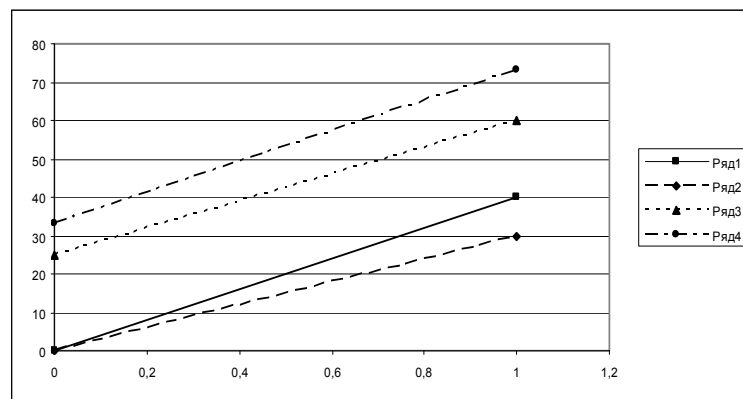
1) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o1}^- = 0$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o1}^- = 40$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o2}^- = 0$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o2}^- = 39$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o3}^- = 25$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o3}^- = 60$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $H_{o4}^- = 33$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $H_{o4}^- = 73$ тис. грн.

Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Ходжеса приймається переважно застосуванням критерію Бернуллі – модальному критерію ризику збитку, а при великих – гарантованого мінімуму ризику збитку Севіджа – мінімального з максимальних ризиків збитків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що незалежно від значення λ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_2 , тобто у даному випадку оптимальне рішення на випуск продукції лісового господарства не залежить від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.13. Складний критерій (Лемана) – гарантованого доходу (Вальда) та недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу (Лапласа), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Лемана (L_e^+) – гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу Лапласа (L_a^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,8$ навколишнє середовище “діє” агресивно, а платіжна матриця має вигляд.

$$F^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 340 & 1400 & 1405 & 1450^{***} \\ R_2 & -20 & 1040 & 1054 & 2110 \\ R_3 & -380 & 680^{###} & 1740 & 2800 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв’язок. За критерієм $L_e^+ = \lambda \cdot V_a^+ + (1 - \lambda) \cdot L_a^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n)$, де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо для варіантів:

1) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{11} = 34$ тис. грн, $\overline{f_{R1}^+} = \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n = (340 + 1400 + 1405 + 1450) / 4 = 1148,75$ тис. грн, $L_{e1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n = 0,8 \cdot 340 + (1 - 0,8) \cdot 1148,75 = 501,75$ тис. грн;

2) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{21} = -20$ тис. грн, $\overline{f_{R2}^+} = \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n = (-20 + 1040 + 2100 + 2110) / 4 = 1046$ тис. грн, $L_{e2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n = 0,8 \cdot (-20) + (1 - 0,8) \cdot 1046 = 193,2$ тис. грн;

3) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{31} = -380$ тис. грн, $\overline{f_{R3}^+} = \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n = (-380 + 680 + 1740 + 2800) / 4 = 1210$ тис. грн, $L_{e3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n = 0,8 \cdot (-380) + (1 - 0,8) \cdot 1210 = -62$ тис. грн.

Отже, оптимальним буде перший варіант, де показник $L_{e1}^+ = 501,75$ тис. грн максимальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Лемана (L_e^+) – гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу Лапласа (L_a^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

- 1) $L_{e1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n = \lambda \cdot 340^{***} + (1 - \lambda) \cdot 1148,75$ тис. грн;
- 2) $L_{e2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n = \lambda \cdot (-20) + (1 - \lambda) \cdot 1046^{####}$ тис. грн;
- 3) $L_{e3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n = \lambda \cdot (-380) + (1 - \lambda) \cdot 1210^{\diamond\diamond\diamond}$ тис. грн.

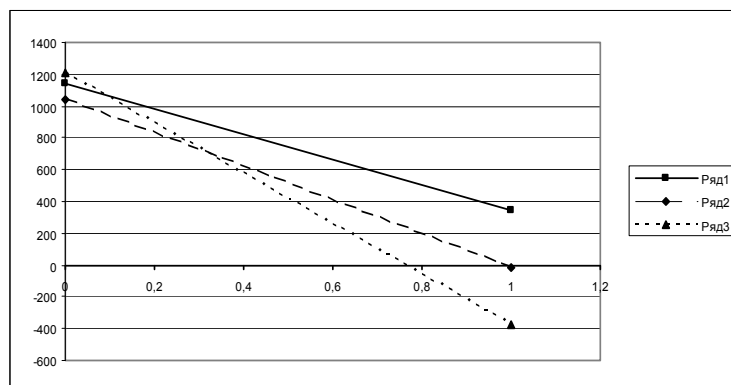
Розв'язок: За критерієм $L_e^+ = \lambda \cdot V_a^+ + (1 - \lambda) \cdot L_a^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ / n)$,

де n – кількість станів навколишнього середовища, будуємо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e1}^+ = 1148,75$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e1}^+ = 340$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e2}^+ = 1046$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e2}^+ = -20$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e3}^+ = 1210$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e3}^+ = -380$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Лемана приймається переважно застосуванням критерію Лапласа – недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу, а при великих – гарантованого доходу Вальда – максимального з мінімальних доходів (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що оптимальне рішення залежить від значення λ : при $\lambda = [0; 0,08)$ оптимальним рішенням буде випуск продукції R_3 ; при $\lambda = (0,08; 0]$ оптимальним рішенням буде випуск продукції R_1 ; при $\lambda = 0,08$, значення якого знаходять з рівняння $L_{e1}^+ = L_{e3}^+$ або $\lambda \cdot 340 + (1 - \lambda) \cdot 1148,75 = \lambda \cdot (-380) + (1 - \lambda) \cdot 1210$, виникає невизначеність, яку розв'язують застосуванням критеріїв мінімуму дисперсії або мінімуму коефіцієнта коваріації.



4.3.14. Складний критерій (Лемана) – гарантованого збитку (Вальда) та недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку (Лапласа), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Лемана (L_e^-) – гарантованого збитку Вальда (V_a^-) та недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку Лапласа (L_a^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,8$ навколишнє середовище “діє” агресивно, а платіжна матриця має вигляд

$$F^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 34^\# & 14 & 45 & 50 \\ R_2 & 2 & 4^* & 20 & 11 \\ R_3 & 80 & 68 & 74 & 28^{**} \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв’язок. За критерієм $L_e^- = \lambda \cdot V_a^- + (1-\lambda) \cdot L_a^- = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- / n)$,

де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо для варіантів:

1) $\max_{(j)} f_{ij}^- = f_{14} = 50$ тис. грн, $\overline{f_{ij}^-} = \sum_{(j)} f_{ij}^- / n = (34 + 14 + 45 + 50) / 4 = 35,75$ тис. грн, $L_{e1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- / n = 0,8 \cdot 50 + (1-0,8) \cdot 35,75 = 47,15$ тис. грн;

2) $\max_{(j)} f_{ij}^- = f_{22} = 20$ тис. грн, $\overline{f_{ij}^-} = \sum_{(j)} f_{ij}^- / n = \overline{f_{R2}^-} = (2 + 4 + 20 + 11) / 4 = 9,25$ тис. грн, $L_{e2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- / n = 0,8 \cdot 20 + (1-0,8) \cdot 9,25 = 17,85$ тис. грн;

3) $\max_{(j)} f_{ij}^- = f_{31} = 80$ тис. грн, $\overline{f_{ij}^-} = \sum_{(j)} f_{ij}^- / n = \overline{f_{R3}^-} = (80 + 68 + 74 + 28) / 4 = 62,5$ тис. грн, $L_{e3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- / n = 0,8 \cdot 80 + (1-0,8) \cdot 62,5 = 76,5$ тис. грн. Отже, оптимальним буде другий варіант, для якого показник $L_{e2}^- = 17,85$ тис. грн мінімальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Лемана (L_e^-) – гарантованого збитку Вальда (V_a^-) та недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку Лапласа (L_a^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовані наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) L_{e1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- / n = \lambda \cdot 50^{\#} + (1-\lambda) \cdot 35,75 \text{ тис. грн};$$

$$2) L_{e2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- / n = \lambda \cdot 20^* + (1-\lambda) \cdot 9,25 \text{ тис. грн};$$

$$3) L_{e3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- / n = \lambda \cdot 80 + (1-\lambda) \cdot 62,5^{\diamond} \text{ тис. грн}.$$

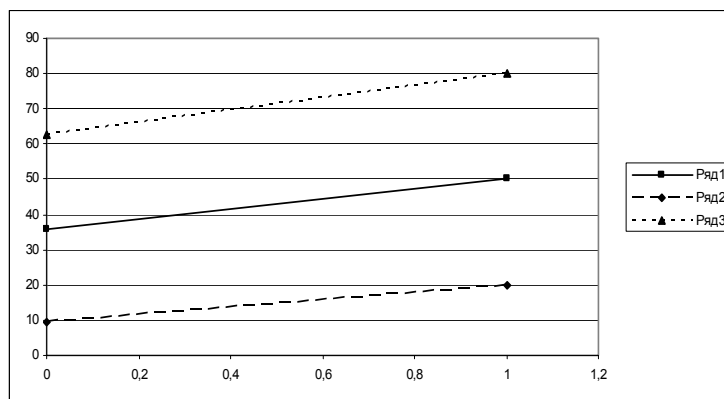
Розв'язок. За критерієм $L_e = \lambda \cdot V_a^- + (1-\lambda) \cdot L_a^- = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- / n)$,

будуємо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e1}^- = 35,75$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e1}^- = 50$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e2}^- = 9,25$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e2}^- = 20$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e3}^- = 62,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e3}^- = 80$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Лемана приймається переважно застосуванням критерію Лапласа – недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку, а при великих – гарантованого збитку Вальда – мінімального з максимальних збитків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції x_2 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.15. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа) та недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу (Джеймса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^+) – гарантованого ризику Севіджа (S_e^+) та недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу Джеймса (D_g^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,8$ навколишнє середовище “діє” агресивно, а платіжна матриця має вигляд.

$$F^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 340^{**} & 1400 & 1405 & 1450 \\ R_2 & -20 & 1040 & 2100 & 2110 \\ R_3 & -380 & 680^{##} & 1740 & 2800 \end{pmatrix} \text{ грн}$$

Розв’язок. За критерієм $M_n^+ = \lambda \cdot S_e^+ + (1-\lambda) \cdot D_g^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n)$,

де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо ризику $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$, будуємо відповідну матрицю

$$R^+ = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 1110 & 50 & 45 & 0 \\ R_2 & 2130 & 1070 & 10 & 0 \\ R_3 & 3180 & 2120 & 1060 & 0 \end{pmatrix} \text{ грн,}$$

та знаходимо для варіантів:

$$1) \min_{(j)} r_{ij}^+ = R_{14} = 0 \text{ грн, } \overline{r_{R1}^+} = \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n = (1110 + 50 + 45 + 0) / 4 = 301,25 \text{ грн,}$$

$$M_{n1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n = 0,8 \cdot 0 + (1-0,8) \cdot 301,25 = 60,25 \text{ грн;}$$

$$2) \min_{(j)} r_{ij}^+ = R_{24} = 0 \text{ грн, } \overline{r_{R2}^+} = \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n = (2130 + 1070 + 10 + 0) / 4 = 802,5 \text{ грн,}$$

$$M_{n2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n = 0,8 \cdot 0 + (1-0,8) \cdot 802,5 = 160,5 \text{ грн;}$$

$$3) \min_{(j)} r_{ij}^+ = R_{34} = 0 \text{ грн, } \overline{r_{R3}^+} = \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n = (3180 + 2120 + 1060 + 0) / 4 = 1590 \text{ грн,}$$

$$M_{n3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n = 0,8 \cdot 0 + (1-0,8) \cdot 1590 = 318 \text{ грн. Отже, оптимальним}$$

буде третій варіант, для якого показник $M_{n3}^+ = 318$ грн максимальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^+) – гарантованого ризику Севіджа (S_e^+) та недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику Джеймса (D_g^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовано наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) M_{n1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 301,25 \text{ грн};$$

$$2) M_{n2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 802,5 \text{ грн};$$

$$3) M_{n3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 1590 \text{ грн}.$$

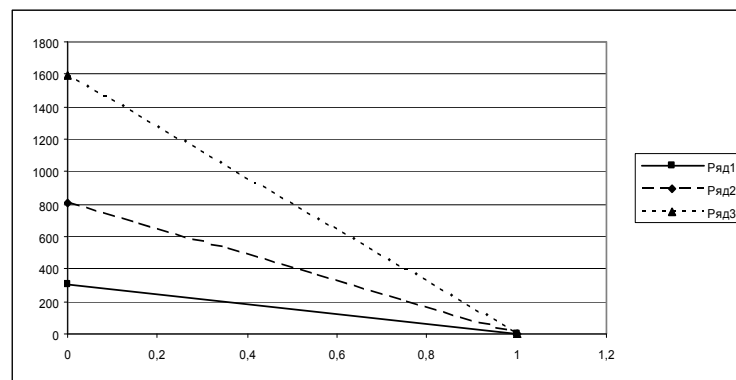
Розв’язок. За критерієм $M_n^+ = \lambda \cdot S_e^+ + (1-\lambda) \cdot D_g^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ / n)$,

де n – кількість станів навколишнього середовища, будуємо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n1}^+ = 301,25$ грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n1}^+ = 0$ грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n2}^+ = 802,5$ грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n2}^+ = 0$ грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n3}^+ = 1590$ грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n3}^+ = 0$ грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Менчеса приймається переважно застосуванням критерію Джеймса – недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику, а при великих – гарантованого ризику Севіджа – максимального з мінімальних ризиків (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції R_3 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.16. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику збитку (Севіджа) та недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку (Джеймса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^-) – гарантованого ризику збитку Севіджа (S_e^-) та недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку Джеймса (D_g^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,8$ навколишнє середовище “діє” агресивно, а платіжна матриця має вигляд.

$$F^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 34^\# & 14 & 45 & 50 \\ R_2 & 2 & 4^* & 20 & 11 \\ R_3 & 80 & 68 & 74 & 28^{**} \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $M_n^- = \lambda \cdot S_e^- + (1-\lambda) \cdot D_g^- = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- / n)$,

де n – кількість станів навколишнього середовища, знаходимо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, будуюмо відповідну матрицю.

$$R^- = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ R_1 & 20 & 0 & 31 & 36 \\ R_2 & 0 & 2 & 18 & 9 \\ R_3 & 52 & 40 & 46 & 0 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

та розраховуємо для варіантів:

1) $\max_{(j)} r_{ij}^- = R_{14} = 36$ тис. грн, $\overline{r_{R1}^-} = \sum_{(j)} r_{ij}^- / n = (20 + 0 + 31 + 36) / 4 = 21,75$ тис. грн, $M_{n1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- / n = 0,8 \cdot 36 + (1-0,8) \cdot 21,75 = 33,15$ тис. грн;

2) $\max_{(j)} r_{ij}^- = R_{23} = 18$ тис. грн, $\overline{r_{R2}^-} = \sum_{(j)} r_{ij}^- / n = (0 + 2 + 18 + 9) / 4 = 7,25$ тис. грн; $M_{n2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- / n = 0,8 \cdot 18 + (1-0,8) \cdot 7,25 = 15,85$ тис. грн;

3) $\max_{(j)} r_{ij}^- = R_{31} = 52$ тис. грн, $\overline{r_{R3}^-} = \sum_{(j)} r_{ij}^- / n = (52 + 40 + 46 + 0) / 4 = 34,5$ тис. грн $M_{n3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- / n = 0,8 \cdot 52 + (1-0,8) \cdot 34,5 = 48,5$ тис. грн. Отже, оптимальним буде другий варіант, для якого показник $M_{n2}^- = 15,85$ тис. грн мінімальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^-) – гарантованого ризику збитку Севіджа (S_e^-) та недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку Джеймса (D_g^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовано наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) M_{n1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- / n = \lambda \cdot 20 + (1 - \lambda) \cdot 21,75 \text{ тис. грн};$$

$$2) M_{n2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- / n = \lambda \cdot 18 + (1 - \lambda) \cdot 7,25 \text{ тис. грн};$$

$$3) M_{n3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- / n = \lambda \cdot 52 + (1 - \lambda) \cdot 34,5 \text{ тис. грн}.$$

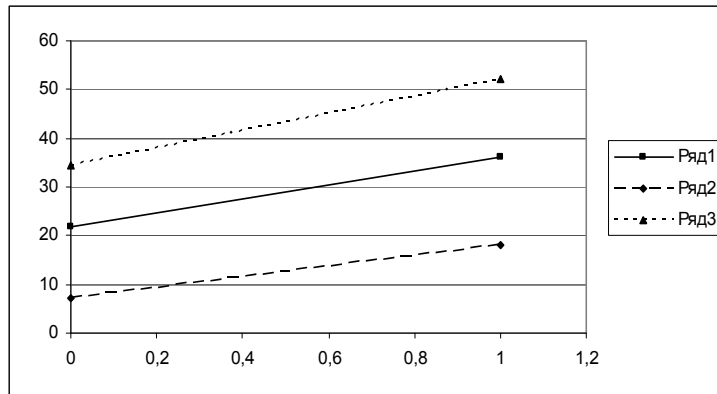
$$\text{Розв'язок. За критерієм } M_n^- = \lambda \cdot S_e^- + (1 - \lambda) \cdot D_g^- = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- / n),$$

де n – кількість станів навколишнього середовища, будуємо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n1}^- = 21,75$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n1}^- = 36$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n2}^- = 7,25$ грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n2}^- = 18$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n3}^- = 34,5$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n3}^- = 52$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Менчеса приймається переважно застосуванням критерію Джеймса – недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику збитку, а при великих – гарантованого ризику збитку Севіджа – мінімального з максимальних ризиків збитків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції R_2 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.17. Складний критерій (Лемана) – критерій гарантованого доходу (Вальда) та зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу (Лапласа), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Лемана (L_e^+) – критерієм гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та зваженим критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу Лапласа (L_a^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,8$ навколишнє середовище “діє” агресивно, кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (доходи D , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	D_1	n_2	D_2	n_3	D_3
R_1	2	250	8	720	12	201 ^{##}
R_2	5	120 ^{**}	15	310	6	670
R_3	10	360	3	170	3	500
R_4	4	510	7	410 ^{◆◆}	0	180

Розв'язок. За критерієм $L_e^+ = \lambda \cdot V_a^+ + (1-\lambda) \cdot L_a^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n)$,

де $n = \sum_{(j)} n_{ij}$, знаходимо критерії L_e^+ для варіантів:

$$1) \min_{(j)} f_{ij}^+ = D_{13} = 201 \text{ тис. грн, } \overline{f_{R1}^+} = \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = (250 \cdot 2 + 720 \cdot 8 + 201 \cdot 12) /$$

$$(2 + 8 + 12) = 394,18 \text{ тис. грн, } L_{e1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = 0,8 \cdot 201 + (1-0,8) \cdot$$

$$394,18 = 239,64 \text{ тис. грн;}$$

2) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = D_{21} = 120$ тис. грн, $\overline{f_{R2}^+} = \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = (5 \cdot 120 + 15 \cdot 310 + 6 \cdot 670) / (5 + 15 + 6) = 356,54$ тис. грн, $L_{e2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = 0,8 \cdot 120 + (1 - 0,8) \cdot 356,54 = 167,31$ тис. грн;

3) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = D_{32} = 170$ тис. грн, $\overline{f_{R3}^+} = \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = (10 \cdot 360 + 3 \cdot 170 + 3 \cdot 500) / (10 + 3 + 3) = 350,63$ тис. грн, $L_{e3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = 0,8 \cdot 170 + (1 - 0,8) \cdot 350,63 = 206,13$ тис. грн;

4) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = D_{43} = 180$ тис. грн, $\overline{f_{R3}^+} = \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = (4 \cdot 510 + 7 \cdot 410 + 0 \cdot 180) / (4 + 7 + 0) = 446,36$ тис. грн, $L_{e4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = 0,8 \cdot 180 + (1 - 0,8) \cdot 446,36 = 233,27$ тис. грн. Отже, оптимальним буде перший варіант, для якого показник $L_{e1}^+ = 239,64$ тис. грн максимальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Лемана (L_e^+) – критерієм гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та зваженим критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу Лапласа (L_a^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовано наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) L_{e1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = \lambda \cdot 201 + (1 - \lambda) \cdot 394,18 \text{ тис. грн};$$

$$2) L_{e2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = \lambda \cdot 120 + (1 - \lambda) \cdot 356,54 \text{ тис. грн};$$

$$3) L_{e3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = \lambda \cdot 170 + (1 - \lambda) \cdot 350,63 \text{ тис. грн};$$

$$4) L_{e4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n = \lambda \cdot 180 + (1 - \lambda) \cdot 446,36 \text{ тис. грн}.$$

Розв'язок. За критерієм $L_e^+ = \lambda \cdot V_a^+ + (1 - \lambda) \cdot L_a^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^+ \cdot n_{ij} / n)$, де $n = \sum_{(j)} n_{ij}$, будуємо графіки для варіантів:

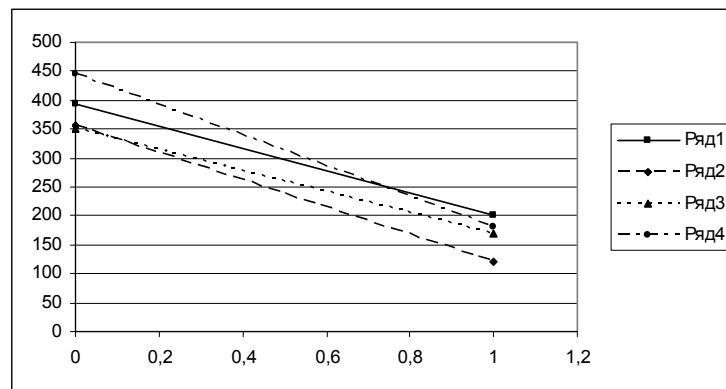
1) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e1}^+ = 394,18$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e1}^+ = 201$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e2}^+ = 356,54$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e2}^+ = 120$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e3}^+ = 350,63$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e3}^+ = 170$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e4}^+ = 446,36$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e4}^+ = 180$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних

обставин рішення за критерієм Лемана приймається переважно застосуванням критерію Лапласа – зваженого недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування доходу, а при великих – гарантованого доходу Вальда – максимального з мінімальних доходів (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що оптимальне рішення залежить від значення λ : при $\lambda = [0; 0,71)$ оптимальним рішенням буде випуск продукції R_4 ; при $\lambda = (0,71; 1]$ оптимальним рішенням буде випуск продукції R_1 ; при $\lambda = 0,71$, значення якого знаходять з рівняння $L_{e1}^+ = L_{e4}^+$ або $\lambda \cdot 201 + (1 - \lambda) \cdot 394,18 = \lambda \cdot 180 + (1 - \lambda) \cdot 446,36$, виникає невизначеність, яку розв’язують застосуванням критеріїв мінімуму дисперсії або мінімуму коефіцієнта коваріації.



4.3.18. Складний критерій (Лемана) – критерій гарантованого збитку (Вальда) та зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку (Лапласа), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Лемана (L_e^-) – критерієм гарантованого збитку Вальда (V_a^-) та зваженим критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку Лапласа (L_a^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,8$ навколишнє середовище “діє” агресивно, кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (витрати B , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	B_1	n_2	B_2	n_3	B_3
R_1	2	250	8	720	12	201 ^{◆◆}
R_2	5	120 ^{**}	15	310	6	670
R_3	10	360	3	170 ^{###}	3	500
R_4	4	510	7	410	0	180

Розв'язок. За критерієм $L_e^- = \lambda \cdot V_a^- + (1 - \lambda) \cdot L_a^- = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n)$, де $n = \sum_{(j)} n_{ij}$, знаходимо для варіантів:

1) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_{12} = 720$ тис. грн, $\overline{f_{R1}^-} = \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = (250 \cdot 2 + 720 \cdot 8 + 201 \cdot 12) / (2 + 8 + 12) = 394,18$ тис. грн, $L_{e1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = 0,8 \cdot 720 + (1 - 0,8) \cdot 394,18 = 654,84$ тис. грн;

2) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_{23} = 670$ тис. грн, $\overline{f_{R2}^-} = \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = (5 \cdot 120 + 15 \cdot 310 + 6 \cdot 670) / (5 + 15 + 6) = 356,54$ тис. грн, $L_{e2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = 0,8 \cdot 670 + (1 - 0,8) \cdot 356,54 = 607,31$ тис. грн;

3) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_{33} = 500$ тис. грн, $\overline{f_{R3}^-} = \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = (10 \cdot 360 + 3 \cdot 170 + 3 \cdot 500) / (10 + 3 + 3) = 350,63$ тис. грн, $L_{e3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = 0,8 \cdot 500 + (1 - 0,8) \cdot 350,63 = 470,13$ тис. грн;

4) $\max_{(j)} f_{ij}^- = B_{41} = 510$ тис. грн, $\overline{f_{R4}^-} = \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = (4 \cdot 510 + 7 \cdot 410 + 0 \cdot 180) / (4 + 7 + 0) = 446,36$ тис. грн, $L_{e4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = 0,8 \cdot 510 + (1 - 0,8) \cdot 446,36 = 497,27$ тис. грн. Отже, оптимальним буде третій варіант, для якого показник $L_{e3}^- = 470,13$ тис. грн мінімальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за критерієм Лемана (L_e^-) – критерієм гарантованого збитку Вальда (V_a^-) та зваженим критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку Лапласа (L_a^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовано наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) L_{e1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = \lambda \cdot 720 + (1 - \lambda) \cdot 394,18^{\text{◆◆}} \text{ тис. грн};$$

$$2) L_{e2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = \lambda \cdot 670 + (1 - \lambda) \cdot 356,54^{\text{###}} \text{ тис. грн};$$

$$3) L_{e3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = \lambda \cdot 500^{**} + (1-\lambda) \cdot 350,63 \text{ тис. грн};$$

$$4) L_{e4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n = \lambda \cdot 510 + (1-\lambda) \cdot 446,36 \text{ тис. грн.}$$

Розв'язок. За критерієм $L_e^- = \lambda \cdot V_a^- + (1-\lambda) \cdot L_a^- = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot$

$\sum_{(j)} f_{ij}^- \cdot n_{ij} / n)$, де $n = \sum_{(j)} n_{ij}$ будуємо графіки для варіантів:

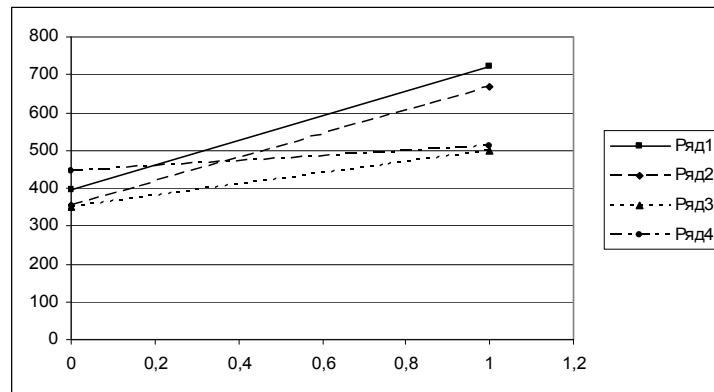
1) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e1}^- = 394,18$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e1}^- = 720$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e2}^- = 356,54$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e2}^- = 670$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e3}^- = 350,63$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e3}^- = 500$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $L_{e4}^- = 446,36$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $L_{e4}^- = 510$ тис. грн.

Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Лемана приймається переважно застосуванням критерію Лапласа – зваженого недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування збитку, а при великих – гарантованого збитку Вальда – мінімального з максимальних збитків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції R_3 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.19. Складний критерій (Менчеса) – критерій гарантованого ризику доходу (Севіджа) та зважений критерій недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу (Джеймса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^+) – критерієм гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+) та зваженим критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику доходу Джеймса (D_g^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,8$ навколишнє середовище “діє” агресивно, кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (доходи D , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	D_1	n_2	D_2	n_3	D_3
R_1	2	825	8	720 ^{◆◆}	12	201
R_2	5	120 ^{**}	15	310	6	670
R_3	10	360	3	170	3	500
R_4	4	510	7	410 ^{###}	0	180

Розв’язок. За критерієм $M_n^+ = \lambda \cdot S_e^+ + (1 - \lambda) \cdot D_g^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, знаходимо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$, заносимо їх в таблицю та знаходимо для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	r_1	n_2	r_2	n_3	r_3
R_1	2	0	8	105	12	624
R_2	5	550	15	360	6	0
R_3	10	140	3	330	3	0
R_4	4	0	7	100	0	330

1) $\min_{(j)}^+ r_{ij}^+ = r_{11} = 0$ тис. грн, $\overline{r_{R_1}^+} = \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = (2 \cdot 0 + 8 \cdot 105 + 12 \cdot 624) / (2 + 8 + 12) = 378,55$ тис. грн, $M_n^+ = \lambda \cdot \min_{(j)}^+ r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = 0,8 \cdot 0 + (1 - 0,8) \cdot 378,55 = 75,71$ тис. грн;

2) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{23} = 0$ тис. грн, $\overline{r_{R2}} = \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = (5 \cdot 550 + 15 \cdot 360 + 6 \cdot 0) / (5 + 15 + 6) = 313,46$ тис. грн, $M_{n2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = 0,8 \cdot 0 + (1 - 0,8) \cdot 313,46 = 62,69$ тис. грн;

3) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{33} = 0$ тис. грн, $\overline{r_{R3}} = \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = (10 \cdot 140 + 3 \cdot 330 + 3 \cdot 0) / (10 + 3 + 3) = 149,38$ тис. грн, $M_{n3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = 0,8 \cdot 0 + (1 - 0,8) \cdot 149,38 = 29,88$ тис. грн;

4) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{41} = 0$ тис. грн, $\overline{r_{R4}} = \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = (4 \cdot 0 + 7 \cdot 100 + 0 \cdot 330) / (4 + 7 + 0) = 63,64$ тис. грн, $M_{n4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = 0,8 \cdot 0 + (1 - 0,8) \cdot 63,64 = 12,73$ тис. грн. Отже, оптимальним буде другий варіант, для якого показник $M_{n1}^+ = 75,71$ тис. грн максимальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^+) – критерієм гарантованого ризику Севіджа (S_e^+) та зваженим критерієм недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику Джеймса (D_g^+) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовано наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

$$1) M_{n1}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1 - \lambda) \cdot 378,55 \text{ тис. грн};$$

$$2) M_{n2}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1 - \lambda) \cdot 313,46 \text{ тис. грн};$$

$$3) M_{n3}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1 - \lambda) \cdot 149,38 \text{ тис. грн};$$

$$4) M_{n4}^+ = \lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = \lambda \cdot 0 + (1 - \lambda) \cdot 63,64 \text{ тис. грн}.$$

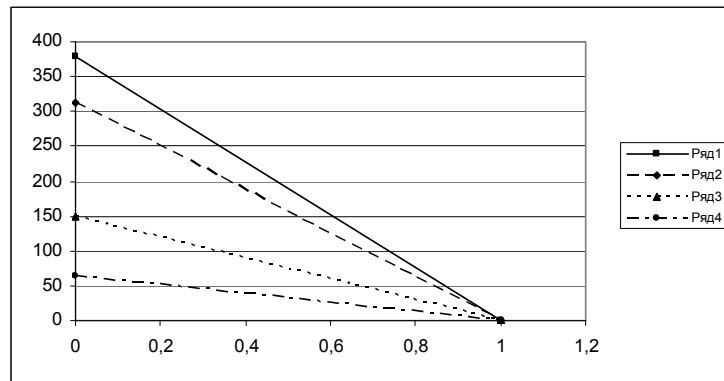
Розв'язок. За критерієм $M_n^+ = \lambda \cdot S_e^+ + (1 - \lambda) \cdot D_g^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^+ \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, будуємо графіки для варіантів:

1) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n1}^+ = 378,55$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n1}^+ = 0$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n2}^+ = 313,46$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n2}^+ = 0$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n3}^+ = 149,38$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n3}^+ = 0$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n4}^+ = 63,64$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n4}^+ = 0$ тис. грн. Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Менчеса приймається переважно застосуванням критерію Джеймса – зваженого недостатнього обґрунтування максимуму математичного очікування ризику, а при великих – гарантованого ризику Севіджа – максимального з мінімальних ризиків (максиміна). Побудовані графіки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції R_1 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.



4.3.20. Складний критерій (Менчеса) – критерій гарантованого ризику збитку (Севіджа) та зважений критерій недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку (Джеймса), його залежність від стану навколишнього середовища

А. Прийняти рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^-) – критерієм гарантованого ризику збитку Севіджа (S_e^-) та зваженим критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику збитку Джеймса (G_e^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,8$ навколишнє середовище “діє” агресивно, кількість спостережень (n_{ij}) станів навколишнього середовища (q_j) та результати (витрати B , тис. грн) виробництва різних видів продукції лісового господарства (R_i) наведені в таблиці.

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	B_1	n_2	B_2	n_3	B_3
R_1	2	825	8	720 ^{##}	12	201
R_2	5	120	15	197	6	670 ^{◆◆}
R_3	10	360 ^{**}	3	170	3	500
R_4	4	510	7	410	0	180

Розв'язок. За критерієм $M_n^- = \lambda \cdot S_e^- + (1-\lambda) \cdot D_g^- = \min_{(i)}(\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, розраховуємо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в таблицю та знаходимо для варіантів:

Ресурс	q_1		q_2		q_3	
	n_1	r_1	n_2	r_2	n_3	r_3
R_1	2	624	8	519	12	0
R_2	5	0	15	77	6	550
R_3	10	190	3	0	3	330
R_4	4	330	7	230	0	0

1) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_{11} = 624$ тис. грн, $\bar{r}_{R1}^- = \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = (2 \cdot 624 + 8 \cdot 519 + 12 \cdot 0) / (2 + 8 + 12) = 245,45$ тис. грн, $M_{n1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = 0,8 \cdot 624 + (1-0,8) \cdot 245,45 = 548,29$ тис. грн;

2) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_{23} = 550$ тис. грн, $\bar{r}_{R2}^- = \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = (5 \cdot 0 + 15 \cdot 77 + 6 \cdot 550) / (5 + 15 + 6) = 171,35$ тис. грн, $M_{n2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = 0,8 \cdot 550 + (1-0,8) \cdot 171,35 = 474,27$ тис. грн;

3) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_{33} = 330$ тис. грн, $\bar{r}_{R3}^- = \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = (10 \cdot 190 + 3 \cdot 0 + 3 \cdot 330) / (10 + 3 + 3) = 180,63$ тис. грн, $M_{n3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = 0,8 \cdot 330 + (1-0,8) \cdot 180,63 = 300,13$ тис. грн;

4) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_{41} = 330$ тис. грн, $\bar{r}_{R4}^- = \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = (4 \cdot 330 + 7 \cdot 230 + 0 \cdot 0) / (4 + 7 + 0) = 266,36$ тис. грн, $M_{n4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = 0,8 \cdot 330 + (1-0,8) \cdot 266,36 = 317,27$ тис. грн. Отже, оптимальним буде третій варіант, для якого показник $M_{n3}^- = 300,13$ тис. грн мінімальний.

Б. Побудувати графіки та проаналізувати залежність прийняття рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^-) – критерієм гарантованого ризику Севіджа (S_e^-) та зваженим критерієм недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику Джеймса (D_g^-) від ймовірності (λ) агресивної “дії” навколишнього середовища, якщо на підставі спостережень побудовано наступні статистичні функції для варіантів виробництва продукції лісового господарства:

- 1) $M_{n1}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = \lambda \cdot 624 + (1-\lambda) \cdot 245,45^{\diamond\diamond}$ тис. грн;
- 2) $M_{n2}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = \lambda \cdot 550 + (1-\lambda) \cdot 171,35$ тис. грн;
- 3) $M_{n3}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = \lambda \cdot 330^{**} + (1-\lambda) \cdot 180,63^{\#\#}$ тис. грн;
- 4) $M_{n4}^- = \lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij} = \lambda \cdot 330 + (1-\lambda) \cdot 266,36$ тис. грн.

Розв'язок. За критерієм $M_n^- = \lambda \cdot S_e^- + (1-\lambda) \cdot D_g^- = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \sum_{(j)} r_{ij}^- \cdot n_{ij} / \sum_{(j)} n_{ij})$, де n_{ij} – кількість спостережень j -их станів навколишнього середовища при виробництві i -ої продукції, будуємо графіки для варіантів:

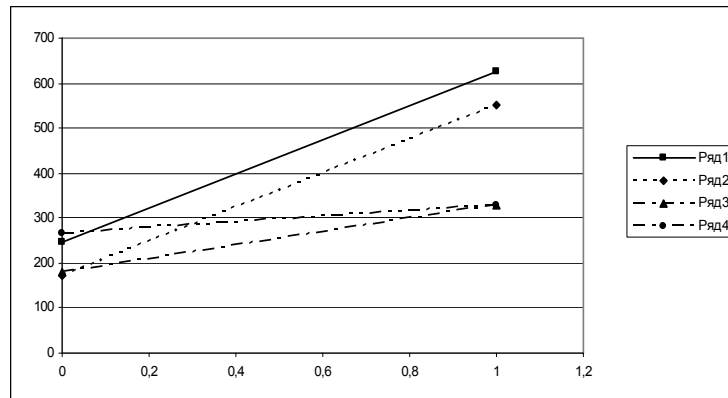
1) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n1}^- = 245,45$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n1}^- = 624$ тис. грн;

2) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n2}^- = 171,35$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n2}^- = 550$ тис. грн;

3) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n3}^- = 180,63$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n3}^- = 330$ тис. грн;

4) при $\lambda = 0$ критерій $M_{n4}^- = 266,36$ тис. грн, при $\lambda = 1$ критерій $M_{n4}^- = 330$ тис. грн.

Отже, при малих ймовірностях форс-мажорних обставин рішення за критерієм Менчеса приймається переважно застосуванням критерію Джеймса – зваженого критерію недостатнього обґрунтування мінімуму математичного очікування ризику, а при великих – гарантованого ризику Севіджа – мінімального з максимальних ризиків (мінімакса). Побудовані графіки свідчать, що оптимальне рішення залежить від значення λ : при $\lambda = [0; 0,04)$ оптимальним рішенням буде випуск продукції R_2 ; при $\lambda = (0,04; 1]$ оптимальним рішенням буде випуск продукції R_3 ; при $\lambda = 0,04$, значення якого знаходять з рівняння $M_{n2}^- = M_{n3}^-$ або $\lambda \cdot 550 + (1-\lambda) \cdot 171,35 = \lambda \cdot 330 + (1-\lambda) \cdot 180,63$, виникає невизначеність, яку розв'язують застосуванням критеріїв мінімуму дисперсії або мінімуму коефіцієнта коваріації.



4.3.21. Складний критерій (Лемана) – гарантованого доходу (Вальда) та найбільшого оптимізму отримання доходу, його залежність від стану навколишнього середовища

Прийняття рішення за складним критерієм Лемана (L_e^+) – гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та найбільшого оптимізму отримання доходу (O_p^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,4$ навколишнє середовище “діє” агресивно, на підставі спостережень побудована наступна платіжна матриця для варіантів виробництва продукції лісового господарства ($x_i, i = \overline{1;4}$) в станах ($q_j, j = \overline{1;4}$) навколишнього середовища:

$$F^{(+)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3^* & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1 & 3 & 9 & 5 \\ x_3 & 0 & 3 & 7^\# & 7 \\ x_4 & 4 & 1 & 8 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Побудувати та проаналізувати графіки залежності цього критерію від стану навколишнього середовища.

Розв’язок. За критерієм $L_e^+ = \lambda \cdot V_a^+ + (1 - \lambda) \cdot O_p^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \max_{(j)} f_{ij}^+)$ знаходимо для варіантів:

1) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{i1}^+ = 3$ тис. грн, $\max_{(j)} f_{ij}^+ = f_{i2}^+ = f_{i4}^+ = 6$ тис. грн,
 $L_{e1}^+ = \lambda \cdot f_{i1}^+ + (1 - \lambda) \cdot f_{i2}^+ = \lambda \cdot 3 + (1 - \lambda) \cdot 6 = 0,4 \cdot 3 + (1 - 0,4) \cdot 6 = 4,8$ тис. грн;

2) $\min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{i2}^+ = 1$ тис. грн, $\max_{(j)} f_{ij}^+ = f_{i3}^+ = 9$ тис. грн,
 $L_{e2}^+ = \lambda \cdot f_{i2}^+ + (1 - \lambda) \cdot f_{i3}^+ = \lambda \cdot 1 + (1 - \lambda) \cdot 9 = 0,4 \cdot 1 + (1 - 0,4) \cdot 9 = 5,8$ тис. грн;

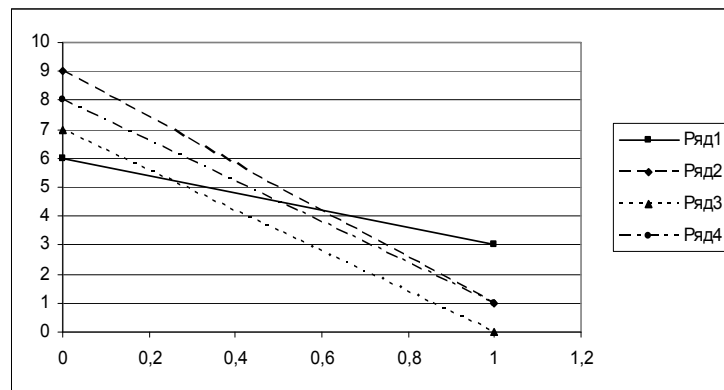
$$3) \min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{31}^+ = 0 \text{ тис. грн, } \max_{(j)} f_{ij}^+ = f_{33}^+ = f_{34}^+ = 7 \text{ тис. грн,}$$

$$L_{e3}^+ = \lambda \cdot f_{31}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{33}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 7 = 0,4 \cdot 0 + (1-0,4) \cdot 7 = 4,2 \text{ тис. грн;}$$

$$4) \min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{42}^+ = 1 \text{ тис. грн, } \max_{(j)} f_{ij}^+ = f_{43}^+ = 8 \text{ тис. грн,}$$

$$L_{e4}^+ = \lambda \cdot f_{42}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{43}^+ = \lambda \cdot 1 + (1-\lambda) \cdot 8 = 0,4 \cdot 1 + (1-0,4) \cdot 8 = 5,2 \text{ тис. грн.}$$

Отже, оптимальним буде другий варіант рішення, оскільки дає максимальний дохід $L_{e2}^+ = 5,8$ тис. грн. Побудовані графіки свідчать, що оптимальне рішення залежить від значення λ : при $\lambda = [0...0,6)$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_2 ; при $\lambda = (0,6...1]$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_1 ; при $\lambda = 0,6$, значення якого знаходять з рівняння $L_{e1}^+ = L_{e2}^+$ або $\lambda \cdot 3 + (1-\lambda) \cdot 6 = \lambda \cdot 1 + (1-\lambda) \cdot 9$, виникає невизначеність, яку розв'язують застосуванням критеріїв мінімуму дисперсії або мінімуму коефіцієнта коваріації.



4.3.22. Складний критерій (Лемана) – гарантованого збитку (Вальда) та найбільшого оптимізму отримання збитку, його залежність від стану навколишнього середовища

Прийняти рішення за складним критерієм Лемана (L_e^-) – гарантованого збитку Вальда (V_a^-) та найбільшого оптимізму отримання збитку (O_p^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,4$ навколишнє середовище “діє” агресивно, на підставі спостережень побудована наступна платіжна матриця для варіантів виробництва продукції лісового господарства ($x_i, i = \overline{1;4}$) в станах ($q_j, j = \overline{1;4}$) навколишнього середовища:

$$F^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3^* & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1 & 3 & 9 & 5 \\ x_3 & 0 & 3 & 7^\# & 7 \\ x_4 & 4 & 1 & 8 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Побудувати та проаналізувати графіки залежності цього критерію від стану навколишнього середовища.

Розв'язок. За критерієм $L_e^- = \lambda \cdot V_a^- + (1-\lambda) \cdot O_p^- = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \min_{(j)} f_{ij}^-)$

знаходимо для варіантів:

$$1) \max_{(j)} f_{ij}^- = f_{12}^- = f_{14}^- = 6 \text{ тис. грн, } \min_{(j)} f_{ij}^- = f_{11}^- = 3 \text{ тис. грн,}$$

$$L_{e1}^- = \lambda \cdot f_{12}^- + (1-\lambda) \cdot f_{11}^- = \lambda \cdot 6 + (1-\lambda) \cdot 3 = 0,4 \cdot 6 + (1-0,4) \cdot 3 = 4,2 \text{ тис. грн;}$$

$$2) \max_{(j)} f_{ij}^- = f_{23}^- = 9 \text{ тис. грн, } \min_{(j)} f_{ij}^- = f_{21}^- = 1 \text{ тис. грн,}$$

$$L_{e2}^- = \lambda \cdot f_{23}^- + (1-\lambda) \cdot f_{21}^- = \lambda \cdot 9 + (1-\lambda) \cdot 1 = 0,4 \cdot 9 + (1-0,4) \cdot 1 = 4,2 \text{ тис. грн;}$$

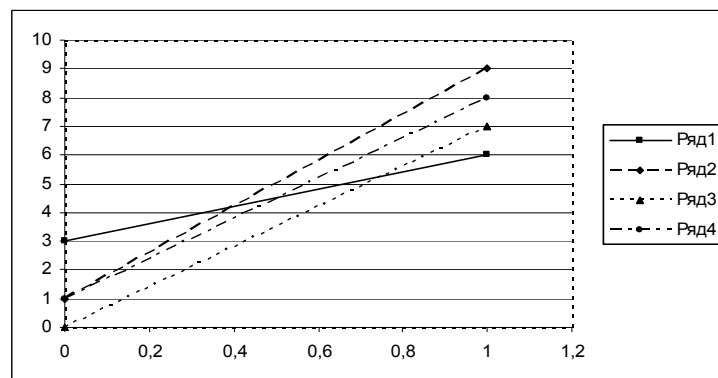
$$3) \max_{(j)} f_{ij}^- = f_{33}^- = f_{34}^- = 7 \text{ тис. грн, } \min_{(j)} f_{ij}^- = f_{31}^- = 0 \text{ тис. грн,}$$

$$L_{e3}^- = \lambda \cdot f_{33}^- + (1-\lambda) \cdot f_{31}^- = \lambda \cdot 7 + (1-\lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 7 + (1-0,4) \cdot 0 = 2,8 \text{ тис. грн;}$$

$$4) \max_{(j)} f_{ij}^- = f_{43}^- = 8 \text{ тис. грн, } \min_{(j)} f_{ij}^- = f_{42}^- = 1 \text{ тис. грн,}$$

$$L_{e4}^- = \lambda \cdot f_{43}^- + (1-\lambda) \cdot f_{42}^- = \lambda \cdot 8 + (1-\lambda) \cdot 1 = 0,4 \cdot 8 + (1-0,4) \cdot 1 = 3,8 \text{ тис. грн.}$$

Отже, оптимальним буде третій варіант рішення, оскільки дає мінімальний збиток $L_{e3}^- = 2,8$ тис. грн. Побудовані графіки свідчать, що оптимальне рішення залежить від значення λ : при $\lambda = [0...0,75)$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_3 ; при $\lambda = (0,75...1]$ оптимальним рішенням буде випуск продукції x_1 ; при $\lambda = 0,75$, значення якого знаходять з рівняння $L_{e1}^- = L_{e3}^-$ або $\lambda \cdot 6 + (1-\lambda) \cdot 3 = \lambda \cdot 7 + (1-\lambda) \cdot 0$, виникає невизначеність, яку розв'язують застосуванням критеріїв мінімуму дисперсії або мінімуму коефіцієнта коваріації.



4.3.23. Складний критерій (Лемана) – гарантованого доходу (Вальда) та найбільшого песимізму отримання доходу

Прийняти рішення за складним критерієм Лемана (L_e^+) – гарантованого доходу Вальда (V_a^+) та найбільшого песимізму отримання доходу (P_s^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,4$ навколишнє середовище “діє” агресивно, на підставі спостережень побудована наступна платіжна матриця для варіантів виробництва продукції лісового господарства ($x_i, i = \overline{1;4}$) в станах ($q_j, j = \overline{1;4}$) навколишнього середовища:

$$F^{(+)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3^* & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1 & 3 & 9 & 5 \\ x_3 & 0 & 3 & 7^\# & 7 \\ x_4 & 4 & 1 & 8 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв’язок. За критерієм $L_e^+ = \lambda \cdot V_a^+ + (1-\lambda) \cdot P_s^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \min_{(j)} f_{ij}^+)$

знаходимо для варіантів:

$$1) \min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{11}^+ = 3 \text{ тис. грн, } L_{e1}^+ = \lambda \cdot f_{11}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{11}^+ = \lambda \cdot 3 + (1-\lambda) \cdot 3 = 0,4 \cdot 3 + (1-0,4) \cdot 3 = 3,0 \text{ тис. грн;}$$

$$2) \min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{21}^+ = 1 \text{ тис. грн, } L_{e2}^+ = \lambda \cdot f_{21}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{21}^+ = \lambda \cdot 1 + (1-\lambda) \cdot 1 = 0,4 \cdot 1 + (1-0,4) \cdot 1 = 1,0 \text{ тис. грн;}$$

$$3) \min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{31}^+ = 0 \text{ тис. грн, } L_{e3}^+ = \lambda \cdot f_{31}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{31}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 0 + (1-0,4) \cdot 0 = 0 \text{ тис. грн;}$$

$$4) \min_{(j)} f_{ij}^+ = f_{42}^+ = 1 \text{ тис. грн, } L_{e4}^+ = \lambda \cdot f_{42}^+ + (1-\lambda) \cdot f_{42}^+ = \lambda \cdot 1 + (1-\lambda) \cdot 1 = 0,4 \cdot 1 + (1-0,4) \cdot 1 = 1,0 \text{ тис. грн.}$$

Отже, оптимальним буде перший варіант рішення, оскільки дає максимальний дохід $L_{e1}^+ = 3,0$ тис. грн. Розрахунки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції x_1 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.

4.3.24. Складний критерій (Лемана) – гарантованого збитку (Вальда) та найбільшого песимізму отримання збитку

Прийняти рішення за складним критерієм Лемана (L_e^-) – гарантованого збитку Вальда (V_a^-) та найбільшого песимізму отримання збитку (P_s^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,4$ навколишнє середовище “діє”

агресивно, на підставі спостережень побудована наступна платіжна матриця для варіантів виробництва продукції лісового господарства $(x_i, i = \overline{1;4})$ в станах $(q_j, j = \overline{1;4})$ навколишнього середовища:

$$F^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3^* & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1 & 3 & 9 & 5 \\ x_3 & 0 & 3 & 7^\# & 7 \\ x_4 & 4 & 1 & 8 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $L_e^- = \lambda \cdot V_a^- + (1-\lambda) \cdot P_s^- = \min_{(i)} (\lambda \cdot \max_{(j)} f_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \max_{(j)} f_{ij}^-)$

знаходимо для варіантів:

1) $\max_{(j)} f_{ij}^- = f_{12}^- = f_{14}^- = 6$ тис. грн, $L_{e1}^- = \lambda \cdot f_{12}^- + (1-\lambda) \cdot f_{12}^- = \lambda \cdot 6 + (1-\lambda) \cdot 6 = 0,4 \cdot 6 + (1-0,4) \cdot 6 = 6,0$ тис. грн;

2) $\max_{(j)} f_{ij}^- = f_{23}^- = 9$ тис. грн, $L_{e2}^- = \lambda \cdot f_{23}^- + (1-\lambda) \cdot f_{23}^- = \lambda \cdot 9 + (1-\lambda) \cdot 9 = 0,4 \cdot 9 + (1-0,4) \cdot 9 = 9,0$ тис. грн;

3) $\max_{(j)} f_{ij}^- = f_{33}^- = f_{34}^- = 7$ тис. грн, $L_{e3}^- = \lambda \cdot f_{33}^- + (1-\lambda) \cdot f_{33}^- = \lambda \cdot 7 + (1-\lambda) \cdot 7 = 0,4 \cdot 7 + (1-0,4) \cdot 7 = 7,0$ тис. грн;

4) $\max_{(j)} f_{ij}^- = f_{43}^- = 8$ тис. грн, $L_{e4}^- = \lambda \cdot f_{43}^- + (1-\lambda) \cdot f_{43}^- = \lambda \cdot 8 + (1-\lambda) \cdot 8 = 0,4 \cdot 8 + (1-0,4) \cdot 8 = 8,0$ тис. грн.

Отже, оптимальним буде перший варіант рішення, оскільки дає мінімальний збиток $L_{e1}^- = 6,0$ тис. грн. Розрахунки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції x_1 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.

4.3.25. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа) та найбільшого оптимізму отримання ризику доходу

Прийняти рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^+) – гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+) та найбільшого оптимізму отримання ризику доходу (O_p^+) , якщо з ймовірністю $\lambda = 0,4$ навколишнє середовище “діє” агресивно, на підставі спостережень побудована наступна платіжна матриця для варіантів виробництва продукції лісового господарства $(x_i, i = \overline{1;4})$ в станах $(q_j, j = \overline{1;4})$ навколишнього середовища:

$$F^{(+)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3 & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1 & 3^* & 9 & 5 \\ x_3 & 0 & 3 & 7 & 7 \\ x_4 & 4 & 1 & 8^\# & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $M_n^+ = \lambda \cdot S_e^+ + (1-\lambda) \cdot O_p^+ = \max_{(i)}(\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1-\lambda) \cdot \max_{(j)} r_{ij}^+)$, знаходимо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$, заносимо їх в матрицю

$$R^{(+)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3 & 0 & 1 & 0 \\ x_2 & 8 & 6 & 0 & 4 \\ x_3 & 7 & 4 & 0 & 0 \\ x_4 & 4 & 7 & 0 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

та розраховуємо для варіантів:

1) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{12}^+ = r_{14}^+ = 0$ тис. грн, $\max_{(j)} r_{ij}^+ = r_{11}^+ = 3$ тис. грн, $M_{n1}^+ = \lambda \cdot r_{12}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{11}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 3 = 0,4 \cdot 0 + (1-0,4) \cdot 3 = 1,8$ тис. грн;

2) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{23}^+ = 0$ тис. грн, $\max_{(j)} r_{ij}^+ = r_{21}^+ = 8$ тис. грн, $M_{n2}^+ = \lambda \cdot r_{23}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{21}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 8 = 0,4 \cdot 0 + (1-0,4) \cdot 8 = 4,8$ тис. грн;

3) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{33}^+ = r_{34}^+ = 0$ тис. грн, $\max_{(j)} r_{ij}^+ = r_{31}^+ = 7$ тис. грн, $M_{n3}^+ = \lambda \cdot r_{33}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{31}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 7 = 0,4 \cdot 0 + (1-0,4) \cdot 7 = 4,2$ тис. грн;

4) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{43}^+ = 0$ тис. грн, $\max_{(j)} r_{ij}^+ = r_{42}^+ = 7$ тис. грн, $M_{n4}^+ = \lambda \cdot r_{43}^+ + (1-\lambda) \cdot r_{42}^+ = \lambda \cdot 0 + (1-\lambda) \cdot 7 = 0,4 \cdot 0 + (1-0,4) \cdot 7 = 4,2$ тис. грн. Отже, оптимальним буде другий варіант рішення, оскільки дає максимальний доход $M_{n2}^+ = 4,8$ тис. грн. Розрахунки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції x_2 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.

4.3.26. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику збитку (Севіджа) та найбільшого оптимізму отримання ризику збитку

Прийняти рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^-) – гарантованого ризику збитку Севіджа (S_e^-) та найбільшого оптимізму отримання ризику збитку (O_p^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,4$ навколишнє середовище “діє” агресивно, на підставі спостережень побудована

наступна платіжна матриця для варіантів виробництва продукції лісового господарства ($x_i, i = \overline{1;4}$) в станах ($q_j, j = \overline{1;4}$) навколишнього середовища:

$$F^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3 & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1^* & 3 & 9 & 5 \\ x_3 & 0 & 3 & 7 & 7^\# \\ x_4 & 4 & 1 & 8 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $M_n^- = \lambda \cdot S_e^- + (1-\lambda) \cdot O_p^- = \min_{(i)}(\lambda \cdot \max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \min_{(j)} r_{ij}^-)$, знаходимо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в матрицю

$$R^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 0 & 3 & 2 & 3 \\ x_2 & 0 & 2 & 8 & 4 \\ x_3 & 0 & 3 & 7 & 7 \\ x_4 & 3 & 0 & 7 & 3 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

та розраховуємо для варіантів:

1) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_{12}^- = r_{14}^- = 3$ тис. грн, $\min_{(j)} r_{ij}^- = r_{11}^- = 0$ тис. грн, $M_{n1}^- = \lambda \cdot r_{12}^- + (1-\lambda) \cdot r_{11}^- = \lambda \cdot 3 + (1-\lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 3 + (1-0,4) \cdot 0 = 1,2$ тис. грн;

2) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_{23}^- = 8$ тис. грн, $\min_{(j)} r_{ij}^- = r_{21}^- = 0$ тис. грн, $M_{n2}^- = \lambda \cdot r_{23}^- + (1-\lambda) \cdot r_{21}^- = \lambda \cdot 8 + (1-\lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 8 + (1-0,4) \cdot 0 = 3,2$ тис. грн;

3) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_{33}^- = r_{34}^- = 7$ тис. грн, $\min_{(j)} r_{ij}^- = r_{31}^- = 0$ тис. грн, $M_{n3}^- = \lambda \cdot r_{33}^- + (1-\lambda) \cdot r_{31}^- = \lambda \cdot 7 + (1-\lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 7 + (1-0,4) \cdot 0 = 2,8$ тис. грн;

4) $\max_{(j)} r_{ij}^- = r_{43}^- = 7$ тис. грн, $\min_{(j)} r_{ij}^- = r_{42}^- = 0$ тис. грн, $M_{n4}^- = \lambda \cdot r_{43}^- + (1-\lambda) \cdot r_{42}^- = \lambda \cdot 7 + (1-\lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 7 + (1-0,4) \cdot 0 = 2,8$ тис. грн. Отже, оптимальним буде перший варіант рішення, оскільки дає мінімальний збиток $M_{n1}^- = 1,2$ тис. грн. Розрахунки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції x_1 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.

4.3.27. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику доходу (Севіджа) та найбільшого песимізму отримання ризику доходу

Прийняти рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^+) – гарантованого ризику доходу Севіджа (S_e^+) та найбільшого песимізму отримання ризику доходу (P_s^+), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,4$ навколишнє

середовище “діє” агресивно, на підставі спостережень побудована наступна платіжна матриця для варіантів виробництва продукції лісового господарства ($x_i, i = \overline{1;4}$) в станах ($q_j, j = \overline{1;4}$) навколишнього середовища:

$$F^{(+)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3 & 6 & 5^* & 6 \\ x_2 & 1 & 3 & 9 & 5 \\ x_3 & 0 & 3 & 7 & 7^\# \\ x_4 & 4 & 1 & 8 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв’язок. За критерієм $M_n^+ = \lambda \cdot S_e^+ + (1 - \lambda) \cdot P_s^+ = \max_{(i)} (\lambda \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \min_{(j)} r_{ij}^+)$, знаходимо ризики $r_{ij}^+ = \max_{(i)} f_{ij}^+ - f_{ij}^+$, заносимо їх в матрицю

$$R^{(+)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3 & 0 & 1 & 0 \\ x_2 & 8 & 6 & 0 & 4 \\ x_3 & 7 & 4 & 0 & 0 \\ x_4 & 4 & 7 & 0 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

та розраховуємо для варіантів:

- 1) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{12}^+ = r_{14}^+ = 0$ тис. грн, $M_{n1}^+ = \lambda \cdot r_{12}^+ + (1 - \lambda) \cdot r_{12}^+ = \lambda \cdot 0 + (1 - \lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 0 + (1 - 0,4) \cdot 0 = 0$ тис. грн;
- 2) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{23}^+ = 0$ тис. грн, $M_{n2}^+ = \lambda \cdot r_{23}^+ + (1 - \lambda) \cdot r_{23}^+ = \lambda \cdot 0 + (1 - \lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 0 + (1 - 0,4) \cdot 0 = 0$ тис. грн;
- 3) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{33}^+ = r_{34}^+ = 0$ тис. грн, $M_{n3}^+ = \lambda \cdot r_{33}^+ + (1 - \lambda) \cdot r_{33}^+ = \lambda \cdot 0 + (1 - \lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 0 + (1 - 0,4) \cdot 0 = 0$ тис. грн;
- 4) $\min_{(j)} r_{ij}^+ = r_{43}^+ = 0$ тис. грн, $M_{n4}^+ = \lambda \cdot r_{43}^+ + (1 - \lambda) \cdot r_{43}^+ = \lambda \cdot 0 + (1 - \lambda) \cdot 0 = 0,4 \cdot 0 + (1 - 0,4) \cdot 0 = 0$ тис. грн.

Отже, оптимального рішення немає, оскільки всі отримані результати розрахунків однакові і дорівнюють нулю.

4.3.28. Складний критерій (Менчеса) – гарантованого ризику збитку (Севіджа) та найбільшого песимізму отримання ризику збитку

Прийняти рішення за складним критерієм Менчеса (M_n^-) – гарантованого ризику збитку Севіджа (S_e^-) та найбільшого песимізму отримання ризику збитку (P_s^-), якщо з ймовірністю $\lambda = 0,4$ навколишнє середовище “діє” агресивно, на підставі спостережень побудована наступна платіжна матриця для варіантів виробництва продукції лісового господарства ($x_i, i = \overline{1;4}$) в станах ($q_j, j = \overline{1;4}$) навколишнього середовища:

$$F^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3 & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1 & 3 & 9^\# & 5 \\ x_3 & 0 & 3 & 7 & 7 \\ x_4 & 4 & 1^* & 8 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв’язок. За критерієм $M_n^- = \lambda \cdot S_e^- + (1-\lambda) \cdot P_s^- = \min_{(i)} (\max_{(j)} r_{ij}^- + (1-\lambda) \cdot \max_{(j)} r_{ij}^-)$, знаходимо ризики $r_{ij}^- = f_{ij}^- - \min_{(i)} f_{ij}^-$, заносимо їх в матрицю

$$R^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 0 & 3 & 2 & 3 \\ x_2 & 0 & 2 & 8 & 4 \\ x_3 & 0 & 3 & 7 & 7 \\ x_4 & 3 & 0 & 7 & 3 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

та розраховуємо для варіантів:

$$1) \max_{(j)} r_{ij}^- = r_{12}^- = r_{14}^- = 3 \text{ тис. грн, } M_{n1}^- = \lambda \cdot r_{12}^- + (1-\lambda) \cdot r_{12}^- = \lambda \cdot 3 + (1-\lambda) \cdot 3 = 0,4 \cdot 3 + (1-0,4) \cdot 3 = 3 \text{ тис. грн;}$$

$$2) \max_{(j)} r_{ij}^- = r_{23}^- = 8 \text{ тис. грн, } M_{n2}^- = \lambda \cdot r_{23}^- + (1-\lambda) \cdot r_{23}^- = \lambda \cdot 8 + (1-\lambda) \cdot 8 = 0,4 \cdot 8 + (1-0,4) \cdot 8 = 8 \text{ тис. грн;}$$

$$3) \max_{(j)} r_{ij}^- = r_{33}^- = r_{34}^- = 7 \text{ тис. грн, } M_{n3}^- = \lambda \cdot r_{33}^- + (1-\lambda) \cdot r_{33}^- = \lambda \cdot 7 + (1-\lambda) \cdot 7 = 0,4 \cdot 7 + (1-0,4) \cdot 7 = 7 \text{ тис. грн;}$$

$$4) \max_{(j)} r_{ij}^- = r_{43}^- = 7 \text{ тис. грн, } M_{n4}^- = \lambda \cdot r_{43}^- + (1-\lambda) \cdot r_{43}^- = \lambda \cdot 7 + (1-\lambda) \cdot 7 = 0,4 \cdot 7 + (1-0,4) \cdot 7 = 7 \text{ тис. грн.}$$

Отже, оптимальним буде перший варіант рішення, оскільки дає мінімальний збиток $M_{n1}^- = 3$ тис. грн. Розрахунки свідчать, що при будь-яких λ оптимальним буде рішення на випуск продукції x_1 незалежно від рівня агресивності навколишнього середовища.

4.3.29. Складний критерій – максимуму математичного очікування доходу та мінімуму математичного очікування збитку

Прийняти рішення за складним критерієм Байєса – максимуму математичного очікування доходу (B_a^+) та мінімуму математичного очікування збитку (B_a^-), якщо на підставі спостережень побудовані наступні платіжні матриці для доходів $F^{(+)}$ та збитків $F^{(-)}$ варіантів виробництва продукції лісового господарства ($x_i, i = \overline{1;4}$) в станах ($q_j, j = \overline{1;4}$) навколишнього середовища:

$$F^{(+)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 15 & 21 & 25 & 11 \\ x_2 & 10^* & 31 & 19 & 15 \\ x_3 & 20 & 35 & 27 & 17^\# \\ x_4 & 24 & 18 & 32 & 34 \end{pmatrix} \text{ тис. грн;}$$

$$F^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3 & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1 & 3 & 9^\# & 5 \\ x_3 & 0 & 3^* & 7 & 7 \\ x_4 & 4 & 1 & 8 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. Оскільки від'ємний збиток можна вважати доходом, то застосовуємо критерій $B_a^{(+)} - B_a^{(-)} = \max_{(i)} M[f_{ij}^+ - f_{ij}^-] = \max_{(i)} \overline{f_{ij}^+} - \overline{f_{ij}^-} = \max_{(i)} \sum_{(j)} (f_{ij}^+ - f_{ij}^-) / n$, де n – кількість станів навколишнього середовища, для чого будуємо матрицю

$$F^{(+)} - F^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 15 & 21 & 25 & 11 \\ x_2 & 12^* & 31 & 19 & 14 \\ x_3 & 20 & 35 & 28 & 17^\# \\ x_4 & 26 & 18 & 32 & 34 \end{pmatrix} -$$

$$\begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3 & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1 & 3 & 9^\# & 5 \\ x_3 & 0 & 3^* & 7 & 7 \\ x_4 & 4 & 1 & 8 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 12 & 15 & 20 & 5 \\ x_2 & 11 & 28 & 10 & 9 \\ x_3 & 20 & 32 & 21 & 10 \\ x_4 & 22 & 17 & 24 & 30 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

та розраховуємо для варіантів:

$$1) B_{a1}^{(+)} - B_{a1}^{(-)} = \sum_{(j)} (f_{ij}^+ - f_{ij}^-) / n = (12 + 15 + 20 + 5) / 4 = 13 \text{ тис. грн};$$

$$2) B_{a2}^{(+)} - B_{a2}^{(-)} = \sum_{(j)} (f_{ij}^+ - f_{ij}^-) / n = (11 + 28 + 10 + 9) / 4 = 14,5 \text{ тис. грн};$$

$$3) B_{a3}^{(+)} - B_{a3}^{(-)} = \sum_{(j)} (f_{ij}^+ - f_{ij}^-) / n = (20 + 32 + 21 + 10) / 4 = 20,75 \text{ тис. грн};$$

$$4) B_{a4}^{(+)} - B_{a4}^{(-)} = \sum_{(j)} (f_{ij}^+ - f_{ij}^-) / n = (22 + 17 + 24 + 30) / 4 = 23,25 \text{ тис. грн.}$$

Отже, оптимальним буде четвертий варіант рішення, оскільки дає максимальний сумарний дохід $B_{a4}^{(+)} - B_{a4}^{(-)} = 23,25$ тис. грн.

4.3.30. Складний критерій – максимуму математичного очікування ризику доходу та мінімуму математичного очікування ризику збитку

Прийняти рішення за складним критерієм Бернуллі – максимуму математичного очікування ризику доходу (B_e^+) та мінімуму математичного очікування ризику збитку (B_e^-), якщо на підставі спостережень побудовані наступні платіжні матриці для доходів $F^{(+)}$ та збитків $F^{(-)}$ варіантів виробництва продукції лісового господарства ($x_i, i = \overline{1;4}$) в станах ($q_j, j = \overline{1;4}$) навколишнього середовища:

$$F^{(+)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 15 & 21 & 25 & 11 \\ x_2 & 10^* & 31 & 19 & 15 \\ x_3 & 20 & 35 & 27 & 17^\# \\ x_4 & 24 & 18 & 32 & 34 \end{pmatrix} \text{ тис. грн};$$

$$F^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 3 & 6 & 5 & 6 \\ x_2 & 1 & 3 & 9^\# & 5 \\ x_3 & 0 & 3^* & 7 & 7 \\ x_4 & 4 & 1 & 8 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. Оскільки від'ємний ризик збитку можна вважати ризиком доходу, то застосовуємо критерій $B_e^{(+)} - B_e^{(-)} = \max_{(i)} M[r_{ij}^{+} - r_{ij}^{-}] = \max_{(i)} \overline{r_{ij}^{+} - r_{ij}^{-}} = \max_{(i)} \sum_{(j)} (r_{ij}^{+} - r_{ij}^{-}) / n$, де n – кількість станів навколишнього середовища, для чого розраховуємо ризики $r_{ij}^{+} = \max_{(i)} f_{ij}^{+} - f_{ij}^{+}$ та $r_{ij}^{-} = f_{ij}^{-} - \min_{(i)} f_{ij}^{-}$, заносимо їх в матриці

$$R^{(+)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 10 & 4 & 0 & 14 \\ x_2 & 21 & 0 & 12 & 16 \\ x_3 & 15 & 0 & 8 & 18 \\ x_4 & 10 & 16 & 2 & 0 \end{pmatrix} \text{ тис. грн};$$

$$R^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 0 & 3 & 2 & 3 \\ x_2 & 0 & 2 & 8 & 4 \\ x_3 & 0 & 3 & 7 & 7 \\ x_4 & 3 & 0 & 7 & 3 \end{pmatrix} \text{ тис. грн},$$

будуємо матрицю

$$R^{(+)} - R^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 10 & 4 & 0 & 14 \\ x_2 & 21 & 0 & 12 & 16 \\ x_3 & 15 & 0 & 8 & 18 \\ x_4 & 10 & 16 & 2 & 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 0 & 3 & 2 & 3 \\ x_2 & 0 & 2 & 8 & 4 \\ x_3 & 0 & 3 & 7 & 7 \\ x_4 & 3 & 0 & 7 & 3 \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 10 & 1 & -2 & 11 \\ x_2 & 21 & -2 & 4 & 12 \\ x_3 & 15 & -3 & 1 & 11 \\ x_4 & 7 & 16 & -5 & -3 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

та розраховуємо для варіантів:

- 1) $B_{e1}^{(+)} - B_{e1}^{(-)} = \sum_{(j)} (f_{ij}^{+} - f_{ij}^{-}) / n = (10 + 1 - 2 + 11) / 4 = 5$ тис. грн;
- 2) $B_{e2}^{(+)} - B_{e2}^{(-)} = \sum_{(j)} (f_{ij}^{+} - f_{ij}^{-}) / n = (21 - 2 + 4 + 12) / 4 = 8,75$ тис. грн;
- 3) $B_{e3}^{(+)} - B_{e3}^{(-)} = \sum_{(j)} (f_{ij}^{+} - f_{ij}^{-}) / n = (15 - 3 + 1 + 11) / 4 = 6$ тис. грн;
- 4) $B_{e4}^{(+)} - B_{e4}^{(-)} = \sum_{(j)} (f_{ij}^{+} - f_{ij}^{-}) / n = (7 + 16 - 5 - 3) / 4 = 3,75$ тис. грн.

Отже, оптимальним буде другий варіант рішення, оскільки дає максимальний сумарний ризик доходу $B_{e2}^{(+)} - B_{e2}^{(-)} = 8,75$ тис. грн.

4.3.31. Складний критерій оптимального планування виробництва однакових видів продукції в двох галузях за критеріями мінімуму математичного очікування збитку, гарантованого доходу та гарантованого збитку (Вальда)

Прийняти рішення щодо замовлення виробництва продукції у двох галузях за критерієм мінімуму суми математичних очікувань витрат, критеріїв Вальда (V_a^+) та (V_a^-), якщо матриці ціни продукції в кожній галузі мають вигляд

$$F_1^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 4 & 12 & 7 & 9 \\ x_2 & 2^* & 0,5 & 0 & 1,5 \\ x_3 & 2 & 0 & 1 & 1,4^\# \\ x_4 & 1,2 & 5 & 3 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн};$$

$$F_2^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ x_2 & 12 & 8 & 6,5^\# & 1,5 \\ x_3 & 5 & 2^* & 8 & 1 \\ x_4 & 4 & 1 & 3 & 0 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $\min(M_{i1}[C_{ij1}] \cdot \rho + M_{i2}[C_{ij2}] \cdot (1 - \rho)) = \min(\rho \cdot \sum_{(j)} C_{ij1}/n + (1 - \rho) \cdot \sum_{(j)} C_{ij2}/n)$, де C_{ij1} , C_{ij2} – ціна i -ої продукції в j -ому стані навколишнього середовища в першій та другій галузі; ρ – відсоток виробництва продукції в першій галузі; n – кількість станів навколишнього середовища, розраховуємо для галузей та варіантів:

$$1) M_{11}[C_{1j}] = \sum_{(j)} C_{1j}/n = (4 + 12 + 7 + 9)/4 = 8 \text{ грн/од.},$$

$$M_{12}[C_{2j}] = \sum_{(j)} C_{2j}/n = (1 + 2 + 0 + 1)/4 = 1 \text{ грн/од.};$$

$$2) M_{21}[C_{1j}] = \sum_{(j)} C_{1j}/n = (2 + 0,5 + 0 + 1,5)/4 = 1 \text{ грн/од.},$$

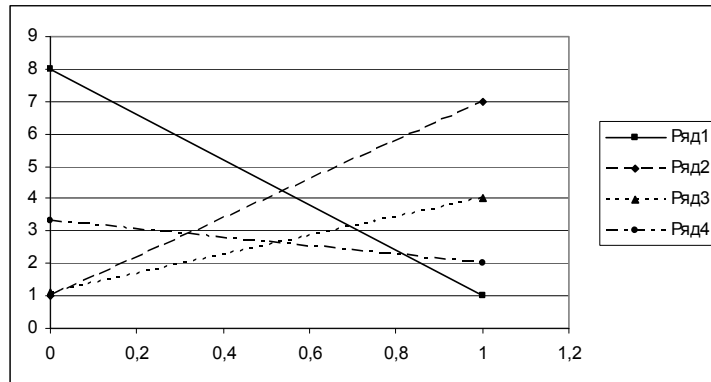
$$M_{22}[C_{2j}] = \sum_{(j)} C_{2j}/n = (12 + 8 + 6,5 + 1,5)/4 = 7 \text{ грн/од.};$$

$$3) M_{31}[C_{1j}] = \sum_{(j)} C_{1j}/n = (2 + 0 + 1 + 1,4)/4 = 1,1 \text{ грн/од.},$$

$$M_{32}[C_{2j}] = \sum_{(j)} C_{2j}/n = (5 + 2 + 8 + 1)/4 = 4 \text{ грн/од.};$$

$$4) M_{41}[C_{1j}] = \sum_{(j)} C_{1j} / n = (1,2 + 5 + 3 + 4) / 4 = 3,3 \text{ грн/од.},$$

$$M_{42}[C_{2j}] = \sum_{(j)} C_{2j} / n = (4 + 1 + 3 + 0) / 4 = 2 \text{ грн/од.}, \text{ будемо графіки.}$$



Побудовані графіки свідчать, що: 1) критерій мінімакса (V_a^+) можна знайти розв'язанням рівняння $\rho \cdot 8 + (1 - \rho) \cdot 1 = \rho \cdot 1 + 7 \cdot (1 - \rho)$, звідки $\rho = 0,46$, тобто за вказаним критерієм необхідно 46 % продукції x_1 та x_2 замовляти в першій, 44 % – у другій галузі; 2) критерій максиміна (V_a^-) можна знайти розв'язанням рівняння $1,1\rho + (1 - \rho) \cdot 4 = 3,3\rho + (1 - \rho) \cdot 2$, звідки $\rho = 0,48$, тобто за цим критерієм 48 % продукції x_3 та x_4 треба замовляти в першій і 42 % – у другій галузі.

4.3.32. Складний критерій оптимального планування виробництва однакових видів продукції в двох галузях за критерієм гарантованого збитку (Вальда)

Прийняти рішення щодо замовлення виробництва продукції у двох галузях за критерієм гарантованого збитку Вальда (V_a^-), якщо платіжні матриці ціни продукції в кожній галузі мають вигляд

$$F_1^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 4 & 12 & 7^{\#} & 9 \\ x_2 & 2,5 & 0,5 & 0 & 1,5 \\ x_3 & 3,1 & 0 & 1 & 1,4 \\ x_4 & 1,2 & 5^* & 3 & 4 \end{pmatrix} \text{ тис. грн};$$

$$F_2^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 1 & 2^* & 0 & 1 \\ x_2 & 12 & 8 & 6,5 & 1,5 \\ x_3 & 5 & 2 & 8^\# & 1 \\ x_4 & 4 & 1 & 3 & 0 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $\min_{(i)} \max_{(j)} f_{ij\Sigma}^-$ знаходимо $f_{ij\Sigma}^- = \min(\rho \cdot f_{ij1}^- + (1-\rho) \cdot f_{ij2}^-)$
будуємо матрицю $F_{\Sigma}^{(-)} = \rho \cdot F_1^{(-)} + (1-\rho) \cdot F_2^{(-)} =$

$$\rho \cdot \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 4 & 12 & 7 & 9 \\ x_2 & 2,5 & 0,5 & 0 & 1,5 \\ x_3 & 3,1 & 0 & 1 & 1,4 \\ x_4 & 1,2 & 5 & 3 & 4 \end{pmatrix} + (1-\rho) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ x_2 & 12 & 8 & 6,5 & 1,5 \\ x_3 & 5 & 2 & 8 & 1 \\ x_4 & 4 & 1 & 3 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 \\ x_1 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ x_2 & 2,5 & 0,5 & 0 & 1,5 \\ x_3 & 3,1 & 0 & 1 & 1 \\ x_4 & 1,2 & 1 & 3 & 0 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

та знаходимо для варіантів:

- 1) $\max_{(j)} f_{1j\Sigma}^- = f_{12\Sigma}^- = 2$ тис. грн;
- 2) $\max_{(j)} f_{2j\Sigma}^- = f_{21\Sigma}^- = 2,5$ тис. грн;
- 3) $\max_{(j)} f_{3j\Sigma}^- = f_{31\Sigma}^- = 3,1$ тис. грн;
- 4) $\max_{(j)} f_{4j\Sigma}^- = f_{43\Sigma}^- = 3$ тис. грн.

Отже, оптимальним буде перший варіант рішення, який дає мінімальний із всіх максимальних результатів виробництва продукції у другій галузі.

4.3.33. Складний критерій оптимального планування виробництва продукції в двох галузях за критерієм згортки Вальда

Прийняти рішення щодо вибору одного з шести варіантів виготовлення продукції $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$ в двох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2\}$ за двома позитивними функціоналами оцінювання $F_1^{(+)}$, $F_2^{(+)}$ в двох галузях з лінійними пріоритетами $u_1 = 1/4$ та $u_2 = 3/4$ за критеріями згортки Вальда

$$F_1^{(+)} = \begin{pmatrix} q_1 & q_2 \\ x_1 & 15^\# & 0 \\ x_2 & 1 & 9 \\ x_3 & 2 & 5 \\ x_4 & 3 & 3^* \\ x_5 & 7 & 2 \\ x_6 & 1 & 11 \end{pmatrix}; F_2^{(+)} = \begin{pmatrix} q_1 & q_2 \\ x_1 & 0 & 6^\# \\ x_2 & 2 & 2 \\ x_3 & 5 & 3 \\ x_4 & 3 & 4 \\ x_5 & 1^* & 5 \\ x_6 & 2 & 1 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок. За критерієм $\max_{(i)} \min_{(j)} f_{ij}^+$ знаходимо $f_{ij}^+ = u_1 \cdot f_{ij\Sigma}^+ + u_2 \cdot f_{ij2}^+$, тобто будемо матрицю $F_{\Sigma}^{(+)} = u_1 \cdot F_1^{(+)} + u_2 \cdot F_2^{(+)} =$

$$u_1 \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 \\ x_1 & 15 & 0 \\ x_2 & 1 & 9 \\ x_3 & 2 & 5 \\ x_4 & 3 & 3 \\ x_5 & 7 & 2 \\ x_6 & 1 & 11 \end{pmatrix} + u_2 \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 \\ x_1 & 0 & 6 \\ x_2 & 2 & 2 \\ x_3 & 5 & 3 \\ x_4 & 3 & 4 \\ x_5 & 1 & 5 \\ x_6 & 2 & 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{4} \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 \\ x_1 & 15 & 0 \\ x_2 & 1 & 9 \\ x_3 & 2 & 5 \\ x_4 & 3 & 3 \\ x_5 & 7 & 2 \\ x_6 & 1 & 11 \end{pmatrix} +$$

$$\frac{3}{4} \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 \\ x_1 & 0 & 6 \\ x_2 & 2 & 2 \\ x_3 & 5 & 3 \\ x_4 & 3 & 4 \\ x_5 & 1 & 5 \\ x_6 & 2 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_1 & q_2 \\ x_1 & 3,75 & 4,5 \\ x_2 & 1,75 & 3,75 \\ x_3 & 4,25 & 3,5 \\ x_4 & 3 & 3,75 \\ x_5 & 2,5 & 4,25 \\ x_6 & 1,75 & 3,5 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

та знаходимо для варіантів:

- 1) $\min_{(j)} f_{1j}^+ = f_{11\Sigma}^+ = 3,75$ тис. грн;
- 2) $\min_{(j)} f_{2j}^+ = f_{21\Sigma}^+ = 1,75$ тис. грн;
- 3) $\min_{(j)} f_{3j}^+ = f_{32\Sigma}^+ = 3,5$ тис. грн;
- 4) $\min_{(j)} f_{4j}^+ = f_{41\Sigma}^+ = 3$ тис. грн;
- 5) $\min_{(j)} f_{5j}^+ = f_{51\Sigma}^+ = 2,5$ тис. грн;
- 6) $\min_{(j)} f_{6j}^+ = f_{61\Sigma}^+ = 1,75$ тис. грн.

Отже, оптимальним буде перший варіант рішення, який дає максимальний із всіх мінімальних результатів виробництва продукції – 25 % першою та 75 % другою галузями.

4.3.34. Складний критерій оптимального планування виробництва різних видів продукції в трьох галузях за критерієм приведенного гарантованого ризику збитку (Севіджа)

Прийняти рішення щодо вибору одного з трьох варіантів виготовлення продукції $\{x_1, x_2, x_3\}$ в трьох станах навколишнього середовища $\{q_1, q_2, q_3\}$ за трьома негативними функціоналами оцінювання $F_1^{(-)}$, $F_2^{(-)}$, $F_3^{(-)}$ в трьох галузях з лінійними пріоритетами: $u_1 = 0,2$; $u_2 = 0,3$; $u_3 = 0,5$ за критеріями приведенного гарантованого ризику збитку Севіджа

$$F_1^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 10 & 5 & 7 \\ x_2 & 8^* & 15 & 6 \\ x_3 & 2 & 18^\# & 4 \end{pmatrix}; F_2^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 21^\# & 15 & 2 \\ x_2 & 6 & 11 & 3^* \\ x_3 & 4 & 8 & 14 \end{pmatrix};$$

$$F_3^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 9^* & 12 & 3 \\ x_2 & 18 & 5 & 26^\# \\ x_3 & 16 & 8 & 24 \end{pmatrix} \text{ тис. грн}$$

Розв'язок: За критерієм $\min_{(i)} \max_{(j)} r_{ij}^-$ знаходимо приведені ризики $r_{ijk}^- = (f_{ijk}^- - \min_{(j)} f_{ijk}^-) / (\max_{(j)} f_{ijk}^- - \min_{(j)} f_{ijk}^-)$, де f_{ijk}^- – елементи k -ої матриці, заносимо їх в таблиці

$$R_1^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 1 & 0 & 0,4 \\ x_2 & 0,22 & 1 & 0 \\ x_3 & 0 & 1 & 0,125 \end{pmatrix}; R_2^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 1 & 0,68 & 0 \\ x_2 & 0,375 & 1 & 0 \\ x_3 & 0 & 0,4 & 1 \end{pmatrix};$$

$$R_3^{(-)} = \begin{pmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 0,67 & 1 & 0 \\ x_2 & 0,62 & 0 & 1 \\ x_3 & 0,5 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

будуємо матрицю $R_\Sigma^{(-)} = u_1 \cdot R_1^{(-)} + u_2 \cdot R_2^{(-)} + u_3 \cdot R_3^{(-)} =$

$$\begin{aligned}
& u_1 \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 1 & 0 & 0,4 \\ x_2 & 0,22 & 1 & 0 \\ x_3 & 0 & 1 & 0,125 \end{pmatrix} + u_2 \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 1 & 0,68 & 0 \\ x_2 & 0,375 & 1 & 0 \\ x_3 & 0 & 0,4 & 1 \end{pmatrix} + \\
& u_3 \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 0,67 & 1 & 0 \\ x_2 & 0,62 & 0 & 1 \\ x_3 & 0,5 & 0 & 1 \end{pmatrix} = 0,2 \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 1 & 0 & 0,4 \\ x_2 & 0,22 & 1 & 0 \\ x_3 & 0 & 1 & 0,125 \end{pmatrix} + \\
& 0,3 \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 1 & 0,68 & 0 \\ x_2 & 0,375 & 1 & 0 \\ x_3 & 0 & 0,4 & 1 \end{pmatrix} + 0,5 \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 0,67 & 1 & 0 \\ x_2 & 0,62 & 0 & 1 \\ x_3 & 0,5 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \\
& \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 0,2 & 0 & 0,08 \\ x_2 & 0,044 & 0,2 & 0 \\ x_3 & 0 & 0,2 & 0,025 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 0,3 & 0,204 & 0 \\ x_2 & 0,1125 & 0,3 & 0 \\ x_3 & 0 & 0,12 & 0,3 \end{pmatrix} + \\
& 0,5 \cdot \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 0,335 & 0,5 & 0 \\ x_2 & 0,31 & 0 & 0,5 \\ x_3 & 0,25 & 0 & 0,5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 \\ x_1 & 0,835 & 0,704 & 0,08 \\ x_2 & 0,4665 & 0,5 & 0,5 \\ x_3 & 0,25 & 0,32 & 0,825 \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

та знаходимо для варіантів:

$$1) \max_{(j)} r_{1j\Sigma\Pi}^- = r_{11\Pi}^- = 0,835 ;$$

$$2) \max_{(j)} r_{2j\Sigma\Pi}^- = r_{22\Pi}^- = r_{23\Pi}^- = 0,5 ;$$

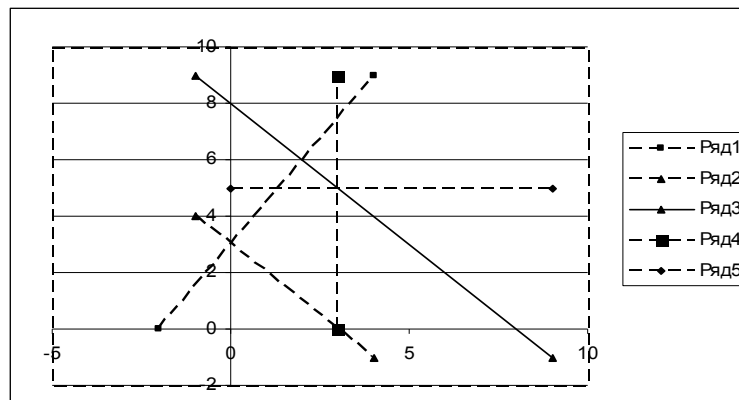
$$3) \max_{(j)} r_{3j\Sigma\Pi}^- = r_{33\Pi}^- = 0,825 . \text{ Отже, оптимальним буде другий варіант}$$

рішення, який дає мінімальний із всіх максимальних витрат на виробництво продукції – 20 % першою, 30 % другою та 50 % третьою галузями.

4.3.35. Складний критерій оптимального планування виробництва продукції в двох галузях за критеріями лінійного математичного програмування максимуму доходу

Методом лінійного програмування прийняти оптимальне рішення щодо випуску продукції двох видів $\{x_1, x_2\}$, якщо цільова функція (доход) $F_{\max}^+ = 2 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2$, а система обмежень має вигляд: $3x_1 - 2x_2 \geq -6$; $x_1 + x_2 \geq 3$; $x_1 \leq 3$; $x_2 \leq 5$; $x_1 \geq 0$; $x_2 \geq 0$.

Розв'язок. За критерієм $F_{\max}^+ = 2x_1 + 2x_2$ будуюмо графіки рівнянь: $3x_1 - 2x_2 = -6$ (ряд 1); $x_1 + x_2 = 3$ (ряд 2); $x_1 = 3$ (ряд 4); $x_2 = 5$ (ряд 5); $x_1 = 0$ (вісь абсцис); $x_2 = 0$, (вісь ординат), визначаємо область припустимих рішень (ОПР), що на рисунку обмежена пунктирними прямими, та знаходимо точку, яка належить ОПР і в якій цільова функція $F_{\max}^+ = 2x_1 + 2x_2$ (суцільна пряма – ряд 3) приймає максимальне значення. Отже, за обраним критерієм оптимальним буде випуск продукції $x_1 = 3$ одиниці, а $x_2 = 5$ одиниць.

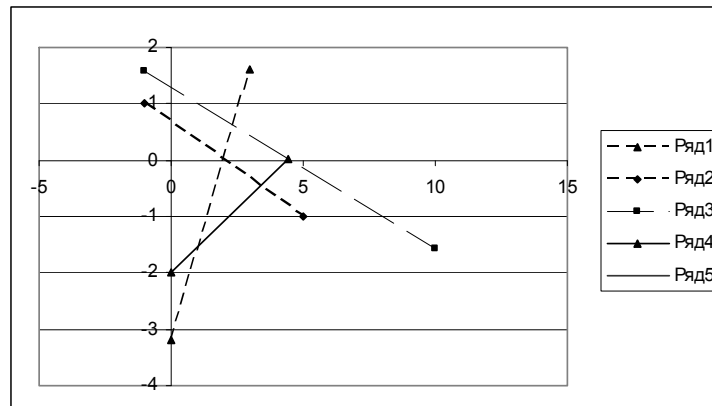


4.3.36. Складний критерій оптимального планування виробництва продукції в двох галузях за критеріями лінійного математичного програмування мінімуму збитків

Методом лінійного програмування прийняти оптимальне рішення щодо випуску продукції двох видів $\{x_1, x_2\}$, якщо цільова функція $F_{\min}^- = 2 \cdot x_1 - 4 \cdot x_2$, а система обмежень має вигляд: $8x_1 - 5x_2 \leq 16$; $x_1 + 3x_2 \geq 2$; $2x_1 + 7x_2 \leq 9$; $x_1 \geq 0$; $x_2 \geq 0$.

Розв'язок. За критерієм $F_{\min}^- = 2x_1 - 4x_2$ будуюмо графіки рівнянь: $8x_1 - 5x_2 \leq 16$ (ряд 1); $x_1 + 3x_2 \geq 2$ (ряд 2); $2x_1 + 7x_2 \leq 9$ (ряд 3); $x_1 = 0$ (вісь абсцис); $x_2 = 0$, (вісь ординат), визначаємо область припустимих

рішень (ОПР), що на рисунку обмежена пунктирними прямими, та знаходимо точку, яка належить ОПР і в якій цільова функція $F_{\min}^- = 2x_1 - 4x_2$ (суцільна пряма – ряд 4) приймає мінімальне значення. Отже, за обраним критерієм оптимальним буде випуск продукції $x_1 = 4,5$ одиниці, а $x_2 = 0$ одиниць.



5. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ НА ІНДИВІДУАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВУ РОБОТУ

Індивідуально-розрахункова робота складається із трьох розділів:

- 1) розрахунок економічних критеріїв;
- 2) розрахунок інформаційних критеріїв;
- 3) прийняття багатокритеріальних рішень за варіантами,

наведеними в таблиці.

Розділ 1								Розділ 2								Розділ 3									
№ П/П	ВАРІАНТИ							№ П/П	ВАРІАНТИ							№ П/П	ВАРІАНТИ								
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7		
4.1.1.	+							4.2.1.	+								4.3.1.	+							
4.1.2.		+						4.2.2.		+							4.3.2.		+						
4.1.3.			+					4.2.3.			+						4.3.3.			+					
4.1.4.				+				4.2.4.				+					4.3.4.				+				
4.1.5.					+			4.2.5.					+				4.3.5.					+			
4.1.6.						+		4.2.6.						+			4.3.6.						+		
4.1.7.							+	4.2.7.							+		4.3.7.							+	
4.1.8.	+							4.2.8.	+								4.3.8.	+							
4.1.9.		+						4.2.9.		+							4.3.9.		+						
4.1.10.			+					4.2.10.			+						4.3.10.			+					
4.1.11.				+				4.2.11.				+					4.3.11.				+				
4.1.12.					+			4.2.12.					+				4.3.12.					+			
4.1.13.						+		4.2.13.						+			4.3.13.						+		
4.1.14.							+	4.2.14.							+		4.3.14.							+	
4.1.15.	+							4.2.15.	+								4.3.15.	+							
4.1.16.		+						4.2.16.		+							4.3.16.		+						
4.1.17.			+					4.2.17.			+						4.3.17.			+					
4.1.18.				+				4.2.18.				+					4.3.18.				+				
4.1.19.					+			4.2.19.					+				4.3.19.					+			
4.1.20.						+		4.2.20.						+			4.3.20.						+		
4.1.21.							+	4.2.21.							+		4.3.21.							+	
4.1.22.	+							4.2.22.	+								4.3.22.	+							
4.1.23.		+						4.2.23.		+							4.3.23.		+						
4.1.24.			+					4.2.24.			+						4.3.24.			+					
4.1.25.				+				4.2.25.				+					4.3.25.				+				
4.1.26.					+			4.2.26.					+				4.3.26.					+			
4.1.27.						+		4.2.27.						+			4.3.27.						+		
4.1.28.							+	4.2.28.							+		4.3.28.							+	
4.1.29.	+							4.2.29.	+								4.3.29.	+							
4.1.30.		+						4.2.30.		+							4.3.30.		+						
4.1.31.			+					4.2.31.			+						4.3.31.			+					
4.1.32.				+				4.2.32.				+					4.3.32.				+				
4.1.33.					+			4.2.33.					+				4.3.33.					+			
4.1.34.						+		4.2.34.						+			4.3.34.						+		
4.1.35.							+	4.2.35.							+		4.3.35.							+	
4.1.36.	+							4.2.36.				+					4.3.36.							+	

Номера варіантів визначають як шифр залікової книжки ($N_{з.к}$) плюс число з множини $A = \{1;3;5\}$ за модулем 7 плюс 1, тобто номер варіанта дорівнює $N_{Bi} = (N_{з.к} + A)_7 + 1$. Число за модулем 7 визначають шляхом відкидання частини кратної 7 і залишення остатку. Наприклад, для $N_{з.к} = 04-116$, $A=1$ знаходимо $N_{B1} = (04116 + 1)_7 + 1 = 04117_7 + 1 = 1 + 1 = 2$; $N_{B2} = (04116+3)_7 + 1 = 04119_7 + 1 = 3 + 1 = 4$; $N_{B3} = (04116+5)_7 + 1 = 04121_7 + 1 = 5 + 1 = 6$.

Кожне завдання містить цифри із позначками $\{*, \#, \diamond\}$, які визначають, що ці цифри необхідно замінити номером за списком студентів (*), номером за списком студентів плюс номер групи ($\#$), номером за списком студентів плюс номер групи плюс номер курсу (\diamond). Якщо використовуються дві однакові позначки, то число необхідно помножити на десять, якщо три – на сто. Пояснювальна записка повинна мати титульний лист, анотацію, зміст, вступ, три розділи, висновки, літературу.

Прийняті позначення

- A_α – кількість людино-днів, які витрачаються протягом року
- $A_i, i \in \overline{1, m}$ – i -та чиста стратегія партнера A у конфліктній ситуації
- A_σ – витрати часу на перебазування бригад з однієї лісосіки на іншу
- A_H – нормативний коефіцієнт амортизації лісогосподарської техніки
- A_Σ – загальна кількість людино-днів, що витрачаються основними бригадами протягом року на виконання робіт із урахуванням перебазування
- α_i – стратегія партнера A у i -тій конфліктній ситуації
- $B_{Б.М}$ – балансова вартість нової машини
- B_e – експлуатаційні витрати, тис. грн
- $B_j, j \in \overline{1, n}$ – j -та чиста стратегія партнера B у конфліктній ситуації
- $B_{Л.Г}$ – витрати на ведення лісового господарства
- $B_{М.З}$ – вартість машино-зміни
- $ВНД$ – внутрішня норма доходності
- $B_{р.д.}$ – річний обсяг робіт з проведення рубок догляду
- $B_{р.п}$ – валовий обсяг реалізованої продукції
- β_j – стратегія партнера B у j -ій конфліктній ситуації
- $D[f_{ij}]$ – дисперсія функціоналів f_{ij}
- $D_{р.б}$ – кількість днів роботи бригади на лісосіці
- $З_{np}$ – приведені витрати на рубки догляду
- $З_{п.с.м}$ – середньомісячна заробітна плата
- E – економічний ефект від реалізації продукції
- E_E – еколого-економічна ефективність
- $E_{E,\phi}$ – економічна ефективність виробництва продукції
- E_K – коефіцієнт капіталізації
- E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень
- f_{ij} – плата або результат конфлікту ij
- $F^+ \{f_{ij}^+\}$ – платіжні матриці (функціонали оцінювання) позитивні для прибутку (доходу)
- $F^- \{f_{ij}^-\}$ – платіжні матриці (функціонали оцінювання) негативні для збитків (витрат)

$F^+ \{r_{ij}^+\}$ – матриця ризиків отримання позитивних результатів доходу
 $F^- \{r_{ij}^-\}$ – матриця ризиків отримання негативних результатів збитків
 G_u – критерій Гурвіца
 $ИД$ – індекс доходності
 $I_k, k = \overline{1,7}$ – k -та інформаційна ситуація
 K_6 – капітальні вкладення, грн
 K_k – коефіцієнт використання вантажопідйомності автопоїзда
 $K_{p,d}$ – капітальні витрати на організацію рубок догляду
 K_T – коефіцієнт використання робочого часу зміни
 K_0, K_1, \dots, K_t – початкові капіталовкладення, вартість капіталовкладень через рік, два роки і так далі через t років
 K_Σ – сумарні капіталовкладення через t років
 $K_{\Sigma n}$ – сумарні капіталовкладення за n років
 $l_{\text{вус}}$ – середня довжина лісовозного вуса
 $l_{\text{сп}}$ – середня відстань вивезення деревини
 λ – рівень песимізму або рівень агресивності навколишнього середовища
 λ_n – коефіцієнт фактора часу для n років
 λ_t – коефіцієнт фактора часу
 λ_{T_n} – коефіцієнт фактора часу капіталізації вкладених грошових засобів за нормативний термін
 $M[f_{ij}]$ – математичне очікування функціоналів f_{ij}
 m_z – число змін на добу
 M_n – критерій Менчеса
 $N_{a,p}$ – розрахункова кількість автопоїздів
 n_l – кількість лісосік
 N_n – технологічна потужність
 $n_{n,b}$ – загальна кількість працюючих бригад
 $N_{p,b}$ – середня чисельність робітників у бригаді
 v_{ij} – нормалізація критеріїв ситуації ij
 $O_{p,\Pi}$ – обсяг реалізації продукції
 $\Pi_{\text{доб}}$ – добове завдання бригади
 Π_j – j -та чиста стратегія природи (Π) у конфліктній ситуації
 $\Pi_{л.в}$ – продуктивність лісовозних автомобілів

P_M – витрати на паливно-мастильні матеріали
 $P_{H.O}$ – прибуток до оподаткування
 PP_{II} – продуктивність праці
 P_j – ймовірність J -го стану навколишнього середовища
 P_{II} – рентабельність
 q – знаменник геометричної прогресії
 q_d – норма доходності середньостатистична для держави
 q_δ – запас деревини
 $Q = \{q_1 \dots q_i \dots q_n\}$ – множина станів навколишнього середовища
 Q_n – корисне навантаження на автопоїзд
 $Q_{ПМ}$ – витрати паливно-мастильних матеріалів на добу за технічними характеристиками машин
 $Q_{p.c}$ – річний об'єм виробництва
 $Q_{p.d}$ – річний обсяг рубок догляду
 r_{ij} – ризики отримання результатів у конфліктній ситуації ij
 $C_{a.c}$ – амортизаційні відрахування
 $C_v[f_{ij}]$ – коефіцієнт коваріації функціоналів f_{ij}
 $C_{c.d}$ – вартість вивезення деревини
 $C_{z.n}$ – заробітна плата робітників
 C_{mp} – вартість обслуговування транспорту
 C_{II} – собівартість продукції
 $C_{ПММ}$ – вартість паливно-мастильних матеріалів
 C_p – коефіцієнт, що враховує поточні витрати на ремонт та обслуговування машин
 $C_{p.d}$ – поточна вартість рубок догляду
 S_e – критерій Севіджа
 S_l – середня площа лісосіки
 t_h – час холостої роботи
 T_n – нормативний термін роботи
 T_{nb} – час перебазування бригади на нову лісосіку
 $T_{ок}$ – термін окупності інвестиційного проекту
 t_p – час холостого пробігу
 $T_{p.z}$ – тривалість робочої зміни

$t_{p.п}$ – термін реалізації інвестиційного проекту
 t_y – час знаходження автопоїзду під навантаженням
 u_{ij} – пріоритети функціоналів оцінювання у ситуації ij
 V_a – критерій Вальда
 V_{cp} – розрахункова швидкість автопоїзду
 w_{ij} – згортка функціоналів оцінювання у ситуації ij
 $\Phi_{з.п}$ – фонд заробітної плати
 $\Phi_{p.п}$ – фондоємність заробітної плати у обсязі реалізації продукції
 $\Phi_{c.п}$ – фондоємність заробітної плати у обсязі собівартості продукції
 $X = \{x_1 \dots x_i \dots x_m\}$ – множина рішень суб'єкта конфлікту
 $C_з$ – ціна 1 м³ заготовленої деревини
 $C_{пм}$ – ціна паливно-мастильних матеріалів
 C_p – ціна 1 м³ реалізованої деревини
 $Z_б$ – кількість бригад, які одночасно працюють на одній лісосіці
 $ЧПД$ – позитивний чистий приведений дохід
 $Ч_{c.o}$ – середньооблікова чисельність в еквіваленті повної зайнятості робітників

Визначення вживаних термінів

Витрати – гроші, кошти, витрачені на що-небудь.

Витрати виробництва – повні витрати, безпосередньо пов'язані з виробництвом продукції та обумовлені ним.

Допустимі витрати – витрати підрядника, які здійснені в межах умов контракту і мають бути відшкодовані замовником.

Експлуатаційні витрати виробництва – витрати, пов'язані з експлуатацією обладнання, застосуванням різних засобів виробництва тощо.

Накладні витрати – додаткові витрати на управління, організацію виробництва, утримання приміщень та обладнання.

Валовий – не розділений на складові частини; загальний.

Валова виручка – сумарна грошова виручка підприємства від реалізації вироблених товарів, робіт тощо.

Валова продукція – статистичний показник у грошах, який характеризує загальний обсяг виробництва.

Валовий внутрішній продукт (ВВП) – макроекономічний показник, що виражає сукупну вартість кінцевого продукту, створеного протягом року всередині країни.

Валовий дохід – частина вартості валової продукції підприємства, що залишається після покриття всіх матеріальних витрат.

Валовий національний продукт (ВНП) – макроекономічний показник, ринкова вартість усіх кінцевих товарів та послуг, вироблених протягом року.

Валовий оборот – сумарна вартість усіх видів виробленої продукції.

Валовий прибуток – уся сума прибутку підприємства до здійснення платежів та відрахувань.

Валовий суспільний продукт – вартість благ і послуг, створених у сфері матеріального виробництва протягом певного часу.

Виробнича сфера – сукупність підприємств, що виробляють матеріально-речовий продукт і надають матеріальні послуги.

Виробнича функція – економіко-математична залежність у формі зв'язку між кількістю продукції, що виробляється, та використаними при її створенні факторами виробництва.

Виробничий потенціал – реальний об'єм продукції, який можна виробити за повного використання наявних ресурсів.

Давальницькі товари – товари, що їх тимчасово ввозять з-за кордону.

Давальницька сировина – сировина, матеріали, напівфабрикати, комплектуючі вироби, енергоносії, ввезені на митну територію країни іноземним замовником для переробки в готову продукцію і подальшого її повернення замовнику.

Диференціальна рента – додатковий дохід, що його отримують за рахунок використання ресурсів з більшою віддачею; форма земельної ренти у вигляді додаткового доходу, за рахунок більшої родючості землі на його ділянці.

Дохід – гроші або матеріальні цінності, одержувані державою, юридичною та фізичною особою внаслідок якої-небудь діяльності (виробничої, комерційної, посередницької та ін.).

Госпрозрахунковий дохід – частина доходу, що надходить у повне розпорядження підприємства.

Державний дохід – грошові ресурси, що надходять державі у процесі розподілення та перерозподілення національного продукту.

Дохід від вкладу – дохід власника грошей, що їх внесено на зберігання до банку чи іншої фінансової установи.

Дохід від приросту капіталу – дохід підприємства внаслідок зростання курсу акцій, продажу частини активів за цінами, що перевищують ціни їх придбання, тощо.

Інвестиційний дохід – дохід від інвестицій в цінні папери тощо.

Національний дохід – частка валового суспільного продукту, яка залишається за відрахуванням матеріальних затрат.

Номинальний дохід – дохід без урахування інфляції, купівельної спроможності грошей, рівня цін тощо.

Пасивні доходи – доходи, що їх отримує підприємство як проценти, дивіденди, страхові виплати, відшкодування тощо.

Процентні доходи – доходи, які підраховуються пропорційно до часу нарахування та суми активів.

Фіскальні доходи – доходи державної скарбниці.

Дохідність цінних паперів – відношення річного доходу по цінному паперу до її ринкової ціни.

Екологічно – під кутом зору екології, встановлених екологією закономірностей взаємозв'язку людини, тварини і рослинного світу з навколишнім середовищем.

Екологічні чинники – елементи середовища, що здійснюють той або інший вплив на певні організми.

Екологія – наука, що вивчає закономірності формування і функціонування біологічних систем та їх взаємодію з навколишнім середовищем.

Еволюційна екологія – розділ екології, що вивчає екологічні аспекти еволюції.

Екологія інформатики – умови існування людини в інформаційних середовищах; наука, що вивчає закономірності формування і функціонування біологічних систем та їх взаємодію з навколишнім середовищем.

Екологія людини – розділ екології, що вивчає взаємодію людини з природними та соціальними чинниками довкілля та розробляє заходи, спрямовані на оптимізацію цієї взаємодії.

Екологія мікроорганізмів – розділ загальної екології, що вивчає взаємозв'язки та взаємодію між мікроорганізмами і середовищем існування.

Екологія рослин – розділ екології, що вивчає взаємозв'язки та взаємодію між рослинними організмами та їхнім середовищем існування.

Екологія тварин – розділ екології, що вивчає спосіб життя тварин у зв'язку з умовами їх існування.

Економічна екологія – навчальна дисципліна, предметом якої є вивчення взаємозв'язків та взаємозалежностей між виробничою і невиробничою сферами діяльності та станом природного життєвого середовища.

Загальна екологія – розділ екології, що вивчає загальні закономірності взаємозв'язків та взаємодії організмів та середовища.

Промислова екологія – наука про взаємозв'язки об'єктів господарської діяльності людини з довкіллям.

Соціальна екологія – галузь екології, яка вивчає суспільно-історичні взаємовідносини людини і природного середовища.

Урбаністична екологія – галузь екології, яка вивчає міське середовище як “природну” екологічну систему.

Екосистема – єдиний природний комплекс, утворений живими організмами і середовищем їх проживання, пов'язаними між собою обміном речовин і енергії.

Екосоціалізм – концепція, яка висуває на перший план забезпечення екологічної безпеки особистості, з врахуванням екологічних чинників.

Екосфера – людина, тваринний і рослинний світ і навколишнє середовище в їх взаємозв'язку і взаємодії (як предмет екологічних досліджень); шар атмосфери, що є фізіологічною межею для польотів у відкритій кабіні літального апарата.

Екотип – групи особин будь-якого виду, які пристосовані до існування в певному місці оселення та відрізняються від інших груп особин того самого виду спадково закріпленими особливостями.

Екотон – перехідна смуга між окремими природними зонами або між двома біотопами.

Екотоп – сукупність природних факторів, яка характеризує певну однорідну ділянку землі; місце перебування певного угруповання.

Екоцид – використання природних ресурсів, що веде до їх виснаження, до порушення екологічної рівноваги, а також руйнація природного середовища у воєнних цілях.

Економіка – сукупність суспільно-виробничих відносин; господарче життя, стан господарства (країни, району і т. ін.); структура і фінансово-матеріальний стан якої-небудь галузі господарської діяльності; господарська і фінансова діяльність.

Математична економіка – напрям теоретичної економіки, який використовує математичні методи й моделювання для виявлення закономірностей та ефектів в економічних системах.

Прикладна економіка – частина економічної науки, яка вивчає реальні економічні об'єкти та процеси.

Ринкова економіка – тип господарства, головним регулятором і рушійною силою розвитку якого є ринок; наукова дисципліна, що вивчає фінансово-матеріальний аспект якої-небудь галузі господарської діяльності.

Економіко-математичний – який призначений, використовується для вивчення економіки засобами математики.

Економіко-математичні моделі – опис економічних процесів, об'єктів, зв'язків з використанням математичного апарату.

Економікс – галузь економічної науки, яка розкриває на макро- і мікрорівнях закони бізнесу, методи господарювання, економічної політики та ін.; в західній економічній літературі 20 ст. витісняє термін “політична економія”.

Ефект – результат, наслідок яких-небудь причин, сил, дій, заходів.

Економічний ефект – корисний результат економічної діяльності, зиск від неї.

Сторонній ефект – у системах обробки інформації – супутні результати, що виникають у разі виконання функції-процедури.

Стохастичні радіаційні ефекти – віддалені наслідки опромінювання людини, імовірність появи яких залишається за будь-яких малих доз іонізаційного випромінювання та зростає зі збільшенням дози; засоби, прийоми.

Ефективність – характеристика якого-небудь об'єкта (пристрою, процесу, заходу, виду діяльності), що відображає його суспільну користь, продуктивність та інші позитивні якості; у системах обробки інформації – швидкість обробки одиниці інформації, питомі витрати на обробку одиниці інформації.

Абсолютна ефективність – економічна ефективність, що оцінюється співвідношенням отриманого ефекту та всієї суми витрат.

Алокаційна ефективність – виробництво продукту раціональної або заданої структури через використання ефективної комбінації ресурсів.

Економічна ефективність – характеристика якого-небудь об'єкта (пристрою, процесу, заходу, виду діяльності), що відображає його суспільну користь, продуктивність та інші позитивні якості.

Економічна політика – комплекс економічних цілей і заходів, які забезпечують вирішення довгострокових (стратегічних) та короткострокових (тактичних) завдань розвитку економічної системи.

Економічна система – сукупність усіх видів економічної діяльності людей у процесі їх взаємодії.

Економічна співдружність – група країн, які об'єдналися для проведення узгодженої, спільної економічної політики, досягнення спільних цілей, координації спільної діяльності.

Економічна стратегія – довгостроковий курс економічної політики, спрямований на вирішення великомасштабних економічних і соціальних завдань.

Економічне передбачення – здатність індивідів або певних інститутів приймати раціональні цілеспрямовані рішення, що ґрунтуються на врахуванні вигод і витрат, які можуть стати наслідком їх дій.

Економічне стимулювання – система організаційно-економічних заходів, скерованих на розвиток господарської діяльності та підвищення її ефективності.

Економічний матеріалізм (економічний детермінізм) – концепція, прихильники якої розглядають економіку як суб'єкт історичного процесу і намагаються вивести безпосередньо з неї всі культурно-ідеологічні явища.

Економічний союз – співдружність країн, які встановлюють спільні зовнішні митні тарифи, проводять спільну торгову політику, встановлюють торгові обмеження.

Економічний цикл – постійно періодично повторювані протягом ряду років піднесення та спади в економіці.

Індекс заробітної плати – показник, що характеризує динаміку середньої заробітної плати працівника за певний проміжок часу.

Інновація – нововведення. Інновація освіти; комплекс заходів, спрямованих на впровадження в економіку нової техніки, технологій, винаходів та ін.

Капітал – сукупність коштів (майно, гроші, нерухомість), що приносять прибуток.

Авансований капітал – грошовий капітал, призначений для придбання основних засобів, які можуть у майбутньому забезпечити прибуток.

Активний капітал – капітал, вільний від боргових зобов'язань.

Вкладений капітал – кошти, вкладені в активи підприємства акціонерами в обмін на акції.

Дохідність капіталу – відношення річного прибутку, що приноситься капіталом, до величини самого капіталу.

Гарантійний капітал — власний капітал приватних акціонерних земельних банків, ощадних банків і страхових товариств у ряді країн.

Грошовий капітал – кошти як джерело отримання прибутку, а також кошти, інвестовані в підприємство.

“Мертвий” капітал – ще не інвестований або вкладений у недохідні інвестиції капітал.

Обіговий капітал – частина виробничого капіталу, яка переносить свою вартість на знову створений продукт повністю і повертається до виробника у грошовій формі.

Оборотний капітал – капітал, що його інвестують у поточні активи підприємства; витрати на сировину, матеріали, робочу силу, які повністю входять у ціну продукції та повертаються у грошовій формі після її реалізації; перевищення поточних активів над короткостроковими зобов'язаннями; фонди організації, які можуть бути швидко перетворені в гроші.

Основний капітал – капітал, інвестований в позаоборотні (довготермінові) активи підприємства; частина продуктивного капіталу, вкладена в засоби виробництва (виробничі приміщення, машини та ін.).

Продуктивний капітал – капітал, що функціонує у формі засобів виробництва і змінного капіталу.

Капітальні вкладення – сукупність витрат матеріальних, трудових та грошових ресурсів на відтворення основних фондів підприємств.

Валові капіталовкладення – загальні капіталовкладення, інвестиції в основний капітал протягом певного періоду.

Капіталовіддача – показник, який характеризує ефективність використання капітальних вкладень.

Окупність капітальних вкладень – один з показників економічної ефективності капітальних вкладень.

Критерій – значення показника або характеристики, що дозволяє прийняти певне рішення.

Маркетинг – система організації та управління діяльністю підприємства, фірми, що передбачає комплексне урахування положення на ринку збуту для прийняття рішень; організація збуту товарів на зовнішньому ринку.

Глобальний маркетинг – процес глобалізації міжнародного маркетингу.

Маркетинг засобів виробництва – маркетинг, спрямований на пошук і збут нових технологічних рішень у виробничому процесі.

Маркетинг послуг – маркетинг, здійснюваний як супутня діяльність у комплексі з маркетингом споживчих товарів або засобів виробництва.

Маркетинг споживчих товарів – орієнтація виробничо-збутової системи компанії на використання останніх технологічних досягнень для створення нової споживчої продукції.

Ціновий маркетинг – форма реалізації стратегії маркетингу через управління ціною продукції.

Менеджмент – сукупність принципів, методів, засобів і форм управління виробництвом з метою підвищення його ефективності, збільшення прибутків.

Кредитний менеджмент – процес управління дебіторською заборгованістю підприємства, метою якого є забезпечення своєчасної інкасації боргу.

Фінансовий менеджмент – система, принципів, методів і форм організації грошових відносин; керівництво підприємства, фірми; керівний орган.

Оборотні активи – оборотні засоби підприємств, фірм, що відображаються в активі їх бухгалтерського балансу.

Оборотні (обігові) кошти – кошти підприємства, що використовуються для фінансування його господарської діяльності.

Оподаткування – система розрахунку податків та форми їх виплати.

Показник – кількісна числова міра певної властивості об'єкта або результату господарської діяльності.

Прибуток – сума, яка складає різницю між доходом і витратами. Дохід, джерелом якого є додаткова вартість.

Абсолютний (чистий) прибуток – прибуток, що дорівнює доходу, який отримав продавець від усіх товарів за вирахуванням витрат, сплати податків.

Базовий прибуток – очікуваний прибуток звітного року, що використовується для розрахунку базової рентабельності.

Балансовий прибуток – загальна сума прибутку підприємства за всіма видами виробничої діяльності, відображена у його балансі.

Біржовий прибуток – дохід від торгівлі цінними паперами на фондовій біржі та масовими товарами на товарній біржі.

Бухгалтерський прибуток – прибуток від підприємницької діяльності, обчислений за бухгалтерською документацією без урахування документально не зафіксованих витрат самого підприємця.

Валовий прибуток – загальна сума одержаного підприємством прибутку до сплати податків.

Відносний прибуток – дохід, що його продавець отримує за один проданий виріб за вирахуванням витрат.

Засновницький прибуток – прибуток, що його одержують засновники акціонерних товариств у вигляді різниці між прибутком від реалізації акцій та вкладеним капіталом.

Емісійний прибуток – різниця між ринковою вартістю цінних паперів, за якою їх реалізують, та емісійною ціною, за якою їх випущено.

Залишковий прибуток – частина прибутку, яка залишається в розпорядженні підприємства після виплати обов'язкових платежів – відрахувань до державного бюджету, процентів за банківські кредити та ін.

Капітальний прибуток – прибуток, що його отримано від продажу певних активів за ціною, вищою від ціни їх придбання.

Нерозподілений прибуток – прибуток акціонерного товариства, який без виплати дивідендів акціонерів надійшов до резервного фонду для реінвестування у виробництво.

Установчий прибуток – дохід засновників установчого акціонерного товариства у вигляді різниці між сумою грошей, отриманих від реалізації акцій, та капіталом

Продуктивний – спрямований на створення матеріальних благ; який дає, приносить бажаний результат; результативний.

Продуктивні сили – знаряддя та засоби праці, а також люди, що вводять їх у дію, здійснюючи виробництво матеріальних благ.

Продуктивність праці – ефективність виробничої діяльності людей, яка вимірюється кількістю виробленої продукції за одиницю робочого часу.

Продуктивність екосистеми – швидкість, з якою енергія засвоюється організмами-продуцентами в процесі фотосинтезу та хемосинтезу.

Рентабельний – який виправдовує затрати, дає прибутки; прибутковий, доцільний.

Базова рентабельність – показник відношення прибутку від товарної або реалізованої продукції до її повної собівартості за звітний рік.

Гранична рентабельність – граничний показник рентабельності продукції, що враховується при застосуванні договірних цін і тарифів, а також для оподаткування підприємств і організацій.

Загальна рентабельність – один із показників ефективності роботи організації, економіки в цілому, який є відношенням балансового прибутку до щорічної вартості основних виробничих фондів та нормованих оборотних коштів.

Рентабельність виробництва – відношення чистого доходу (прибутку) до собівартості продукції.

Рентабельність продукції – економічний показник, що його обчислюють як відношення прибутку від реалізованої продукції до поточних витрат на її виробництво.

Рента – дохід з капіталу, землі або майна, що його власники одержують регулярно, не займаючись підприємницькою діяльністю.

Абсолютна рента – форма земельної ренти, одержувана землевласниками незалежно від родючості і місця розташування земельних ділянок.

Довічна рента – умовна рента, при якій платежі припиняються у разі смерті певної особи (або осіб), зазвичай ануїтента.

Натуральна рента – рентна плата у вигляді частини врожаю орендаря, що передається землевласнику.

Синергетика – науково-філософський принцип, що розглядає природу, світ як самоорганізовану комплексну систему.

Собівартість – витрати підприємства на виробництво, а також реалізацію продукції (робіт, послуг).

Собівартість продукції – економічний показник, що включає витрати на спожиті засоби виробництва та на оплату праці.

Повна собівартість продукції – економічний показник, що включає поточні витрати не лише на виробництво, а й на реалізацію продукції.

Характеристика – залежність показника від часу або іншого показника;

Ціна – вартість товару, виражена в грошових одиницях.

Відпускна ціна – ціна, за якою підприємство або збутова організація реалізують продукцію виробничим або торговим підприємствам для наступної її переробки або реалізації.

Вільні ціни – ціни, що встановлюються підприємствами самостійно або на договірній основі із врахуванням попиту та пропозиції на ринку товарів.

Закупівельні ціни – ціни, за якими сільськогосподарські виробники продають свою продукцію державним та приватним, заготівельним, переробним та торговельним фірмам.

Комерційна ціна – різновид офіційних цін, що значно перевищують існуючі роздрібні ціни на предмети споживання.

Оптова ціна – ціна товару за умови його продажу значними партіями (оптом).

Роздрібна ціна – ціна, за якою реалізуються товари кінцевим споживачам.

Фонд – ресурси, запаси, нагромадження держави, підприємства та ін.; матеріальні цінності, що здійснюють кругообіг у процесі виробництва.

Амортизаційний фонд – цільові нагромадження коштів, які створюються шляхом щомісячних амортизаційних відрахувань.

Виробничі фонди – сукупність засобів та предметів праці, необхідних для ведення виробництва, виражена в грошовій формі.

Екологічні фонди – позабюджетні фонди, що створюються з плати за забруднення довкілля.

Міжнародний валютний фонд (МВФ) – міжнародна валютно-фінансова організація, що створена для сприяння розвитку міжнародної торгівлі та валютного співробітництва, а також для надання своїм членам кредитів.

Оборотні фонди – частина виробничих фондів, яка повністю споживається в кожному виробничому циклі; який може одночасно відбуватися, розвиватися в протилежних напрямках (про хімічні реакції); який має властивість після перетворення повертатися до вихідного стану; що використовується в технологічному процесі багато разів (про воду); призначений для повороту під час руху туди і назад, зв'язаний з круговим рухом.

Основні виробничі фонди – частка виробничих фондів, яка використовується більше одного виробничого циклу і в кожному циклі частково переносить свою вартість на новостворений продукт.

Статутний фонд – сума внесків власників, учасників або членів у майно підприємства, організації, установи, необхідна для їх заснування та забезпечення їхньої діяльності.

Фондовіддача – кількість продукції (у грошовому вираженні) на одну грошову одиницю основних виробничих фондів.

Фондоємний – який вимагає великих витрат виробничих фондів на виготовлення продукції.

Фондоємність – відношення вартості основних виробничих фондів до вартості продукції, зробленої на підприємстві протягом року.

Фондомісткість – відношення основних виробничих фондів до виробничої продукції.

Фондоозброєність – показник кількості виробничих фондів, що припадають на одного працівника, зайнятого в матеріальному виробництві.

Функція – явище, яке залежить від іншого явища, є формою його виявлення і змінюється відповідно до його змін; робота когось, чогось-небудь, обов'язок, коло діяльності когось, чогось; призначення, роль чогось-небудь; специфічна діяльність організму людини, тварин, рослин, їхніх органів, тканин і клітин; величина, яка змінюється зі зміною незалежної змінної величини (аргументу).

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств: Підручник. – К.: КНЕУ, 2004. – 622 с.
 2. Блажкевич Т.П., Волочков В.В. Прогнозування еколого-економічної ефективності інвестицій в лісовому господарстві // Вісник ДАУ. – 2006. – № 2. – С. 150–154.
 3. Голубев А.В. Экономико-экологические основы химизации земледелия: Учеб. пособие. – Саратов, 1994. – 172 с.
 4. Иванюта В.М., Кожухов Н.И., Моисеев Н.А. Экономика лесного хозяйства: Учебник. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 272 с.
 5. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента: Пер. с англ. – М.: Дело, 1992. – 702 с.
 6. Палеха Ю.І. Менеджмент для початківців: Навч. посіб. – К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2001. – 187 с.
 7. Правова база з питань екології та охорони природного середовища. Зб. нормативних актів станом на 1 березня 2001 р. – К.: Атіка, 2001. – 632 с.
 8. Чилимов А.И., Кожухов Н.И., Рукосуев Г.Н. Рациональное использование лесных земель. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 192 с.
 9. Янушко А.Д., Воронин И.В., Кожухов Н.И. Организация, планирование и управление предприятиями лесного хозяйства: Учебник. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 344 с.
- Ястремський О.І. Моделювання економічного ризику. – К.: Либідь, 1992. – 176 с.



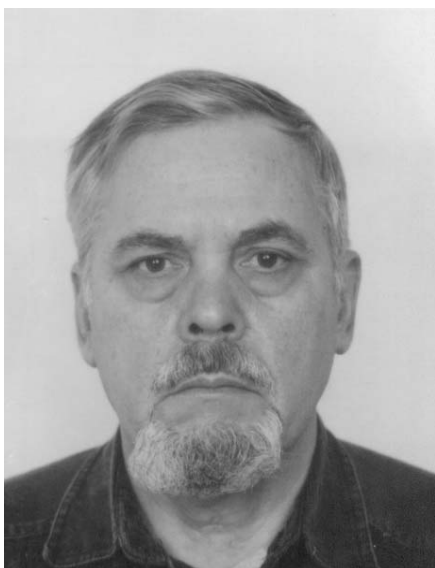
Блажкевич Тамара Петрівна

Педагогічний стаж роботи – 23 роки, зокрема в Житомирському національному агроекологічному університеті – 22 роки. На кафедрі економіки навколишнього середовища і екосоціології працює з моменту її створення (1993 р.), з 2009 року працює на посаді доцента кафедри економіки природокористування та менеджменту лісового господарства. Науковий ступінь кандидата економічних наук присуджено 28.06.1993 р., вчене звання доцента присвоєно

31.05.1996 р. У 1997 р. за досягнення у вирішенні еколого-економічних проблем сучасності обрана членом-кореспондентом Міжнародної академії наук екології, безпеки людини і природи (МАНЕБ).

Автор 58 науково-методичних праць, зокрема з грифом Міністерства освіти і науки України навчально-методичного посібника “Економіка природокористування” (у співавторстві з В.В. Волочковим) та навчального посібника “Планування виробництва у лісовому господарстві” (у співавторстві з Я.В. Коваль, В.В. Волочковим), а також типової програми навчальної дисципліни “Економіка природокористування” (у співавторстві з В.В. Волочковим та інш.), затвердженої Департаментом аграрної освіти, науки та дорадництва Міністерства аграрної політики України.

Наукові інтереси: екологічна економіка, економіка природокористування, еколого-економічне обґрунтування господарських рішень, організація екологічного виробництва сільськогосподарської продукції та продукції лісового господарства.



Волочков Володимир Володимирович

Науковий ступінь кандидата технічних наук присуджено 09.06.1978 р., вчене звання доцента присвоєно 05.05.1982 р. Працює в Житомирському національному агроекологічному університеті з 1995 року на посаді доцента кафедри економіки навколишнього середовища і екосоціології, з 2009 року на посаді доцента кафедри економіки природокористування та менеджменту лісового господарства. Обраний членом-кореспондентом Міжнародної Академії наук

екології, безпеки людини і природи (МАНЕБ) по секції “Екологія” 16.07.1997 р. (м. Санкт-Петербург).

Має понад 90 наукових праць, із них 9 навчальних посібників та 2 підручники, педагогічний стаж становить понад 35 років. Автор багатьох науково-методичних праць, зокрема з грифом Міністерства освіти і науки України навчально-методичного посібника “Економіка природокористування” (у співавторстві з Т.П. Блажкевич) та навчального посібника “Планування виробництва у лісовому господарстві” (у співавторстві з Я.В. Коваль, Т.П. Блажкевич), а також типових програм навчальних дисципліни “Економіка природокористування” (у співавторстві з Т.П. Блажкевич та ін.), “Моделювання та прогнозування стану довкілля” (у співавторстві з Б.В. Борисюком та ін.), затверджених Департаментом аграрної освіти, науки та дорадництва Міністерства аграрної політики України.

Наукові інтереси: екологічна економіка, економіка природокористування, еколого-економічне обґрунтування господарських рішень, організація екологічного виробництва сільськогосподарської продукції та продукції лісового господарства, моделювання екологічних систем, моделювання і прогнозування стану довкілля. Працює над докторською дисертацією на тему “Теорія еколого-економічних організаційних структур”.

Навчальне видання

БЛАЖКЕВИЧ Тамара Петрівна
ВОЛОЧКОВ Володимир Володимирович
КРАМАРЕНКО Любов Дмитрівна

**СИСТЕМА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ КРИТЕРІЇВ
ПРИЙНЯТТЯ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ РІШЕНЬ**

Навчально-методичний посібник

Підписано до друку 16.12.2009. Формат 60x84/16.
Папір офсет. №1. Гарнітура Times New Roman. Друк офс.
Наклад 300 примірників, Зам. №129

Редакційно-видавничий відділ
Науково-методичного центру аграрної освіти
Київ-151, вул. Смілянська, 11
тел. 249-94-04

Фірма "Інтас"