МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Методичні рекомендації
до виконання самостійної роботи
з навчальної дисципліни

"МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ"

для студентів спеціальності 8.080407
усіх форм навчання

Харків. Вид. ХНЕУ, 2009

Затверджено на засіданні кафедри інформаційних систем.
Протокол №1 від 26.08.2008 р.

М54 Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни "Методи та системи підтримки прийняття рішень в управлінні еколого-економічними процесами промислових підприємств" для студентів спеціальності 8.080407 усіх форм навчання / Укл. Л. А. Павленко. — Харків: Вид. ХНЕУ, 2009. — 36 с. (Укр. мов.)

Подано матеріал для закріплення студентами на практиці теоретичних знань з навчальної дисципліни стосовно прийняття оптимальних рішень для однокритеріальної задачі в умовах ризику, а саме використання методу дерева рішень. Наведено короткий теоретичний матеріал та приклади використання методу, завдання для самостійної побудови дерева рішень. Завдання виконуються в середовищі пакета PrecisionTree.

Рекомендовано для студентів спеціальності 8.080407 усіх форм навчання.

Вступ

У загальному випадку теорія прийняття рішень трактує дії аналітика – особи, яка приймає рішення (ОПР), спрямовані проти дій іншого гравця – природи. Причому дії природи при цьому неможливо контролювати. Перший крок у цій грі завжди робить ОПР, природа сама не робить першого кроку і їй байдуже ухвалене рішення. У цьому полягає кардинальна відмінність теорії прийняття рішень від теорії ігор, де обидва гравці переслідують економічні цілі.

Моніторинг стану навколишнього середовища й джерел забруднень є основою для прогнозування, розробки довгострокових, середньострокових і короткострокових цільових програм, планів, а також для прийняття відповідних рішень щодо попередження негативних антропогенних впливів на навколишнє середовище. Більшість з цих завдань вирішується в умовах невизначеності та ризику [2; 8], тому моделі та методи теорії прийняття рішень найбільше відповідають потребам рішення завдань комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та забезпечення екологічної безпеки природного середовища.

Метою даних методичних рекомендацій є закріплення студентами на практиці теоретичних знань з навчальної дисципліни "Методи та системи підтримки прийняття рішень в управлінні еколого-економічними процесами" стосовно прийняття оптимальних рішень для однокритеріальної задачі в умовах ризику, а саме – використання методу дерева рішень. Наведено короткий теоретичний матеріал та приклади використання методу, завдання для самостійной побудови дерева рішень студентами. Завдання виконуються в середовищі пакета PrecisionTree.

1. Загальні рекомендації до вивчення дисципліни

1.1. Основі поняття теорії прийняття рішень

До завдань теорії прийняття рішень (ТПР) належать: сторона, що оперує, яка складається з ОПР і групи дослідження, зовнішнє середовище й ресурси, мета операції, альтернативні шляхи досягнення мети (стратегії), виходи, критерії, за якими оцінюються виходи й стратегії [1; 4; 5; 6; 8].

Операція – організована діяльність у будь-якій сфері, об’єднана єдиним задумом, спрямована на досягнення певної мети, що має характер повторюваності.

Сторона, що оперує – сукупність осіб і технічних засобів, які виконують конкретну операцію й прагнуть до досягнення деякої мети.

Зовнішнє середовище – зовнішні сили, дія яких впливає на операцію.

Ресурси – набір засобів, за допомогою яких ОС може досягти поставлену мету.

Стратегії – використання тих або інших ресурсів або керувань для досягнення поставлених цілей.

Припустимі альтернативи – безліч стратегій, що враховують наявні ресурси й стан зовнішнього середовища.

Критерії якості (оптимальності) – кількісні або якісні величини, за допомогою яких можна порівнювати виходи й оцінювати ступінь досягнення поставленої мети.

Процес прийняття рішень – одержання й вибір оптимальної альтернативи з урахуванням виконання заданих критеріїв.

Теорія прийняття рішень – дисципліна, що займається науковим обґрунтуванням прийнятих рішень.

Процес прийняття рішень розділяється на два етапи:

1) вибір і обґрунтування безлічі стратегій;

2) вибір оптимальний з погляду ОПР стратегії.

Рішенням першої проблеми займаються операціоністи.

Операціоністи – група людей, що надає ОПР обгрунтування можливих ефективних рішень, але не приймає остаточне рішення.

ОПР – людина (група людей), що приймає остаточне рішення й несе відповідальність за його здійснення й наслідки.

Завдання прийняття рішень пов’язані з рішенням проблем, які можна розділити на два класи:

1) проблеми концептуального характеру;

2) проблеми формально-логічного й обчислювального характеру.

Проблеми концептуального характеру вирішує ОПР.

Проблеми логічні й обчислювальні вирішує операціоніст.

Підтримка прийняття рішень – забезпечення для ОПР наступних сервісів:

надання активної, оперативної допомоги ОПР у процесі аналізу об’єктивної тридцятимільйонної досліджуваної проблеми;

виявлення переваг ОПР;

облік невизначеності в оцінках ОПР;

генерація набору рішень.

1.2. Класифікація задач і методів прийняття рішень

У цей час не існує універсальної класифікаційної схеми задач прийняття рішень [4]. Далі розглянуті окремі класифікаційні ознаки задач прийняття рішень:

1. Кількість критеріїв оптимальності:

а) однокритеріальні;

б) багатокритеріальні.

2. Кількість цілей операції:

а) одноцільові;

б) багатоцільові.

3. Облік фактора часу:

а) статичні;

б) динамічні.

4. Облік фактора невизначеності:

а) детерміновані. Критерії оптимальності й обмеження залежать тільки від стратегій сторони, що оперує, і фіксованих детермінованих факторів;

б) стохастичні. Стратегія сторони, що оперує, може привести до одного з безлічі можливих виходів, при цьому передбачається, що відомі ймовірності появи виходів. Критерій оптимальності залежить від фіксованих стохастичних факторів, закони розподілу яких заздалегідь відомі;

в) в умовах невизначеності. У даному класі завдань критерій оптимальності й виходи залежать, крім стратегії сторони, що оперує, і фіксованих факторів, ще й від невизначених факторів, не підвладних стороні, що оперує, і не відомих їй у момент ухвалення рішення. У результаті кожна стратегія сторони, що оперує, пов’язана з виходами, імовірності появи яких не відомі.

5. За математичними методами рішення й аналізу задач прийняття рішень:

а) однокритеріальні детерміновані задачі, еквівалентні у своїй постановці загальній постановці задачі математичного програмування;

б) однокритеріальні стохастичні статичні задачі. Вирішуються з використанням методів теорії ймовірності й методу Монте-Карло [3];

в) однокритеріальні статичні задачі в умовах невизначеності. Вирішуються з використанням методів теорії ігор і експертних оцінок;

г) однокритеріальні динамічні детерміновані задачі. Вирішуються за допомогою методів варіаційного обчислення й методів теорії оптимального керування;

д) динамічні стохастичні задачі. Вирішуються за допомогою експертних оцінок;

е) динамічні задачі в умовах невизначеності. Вирішуються за допомогою експертних оцінок.

Наведена класифікація задач прийняття рішень дозволяє методи й моделі теорії прийняття рішень представити у вигляді трьох класів:

прийняття рішень в умовах визначеності;

прийняття рішень в умовах ризику;

прийняття рішень в умовах невизначеності.

У моделях теорії прийняття рішень основною формою даних служить таблиця платежів [4]. У цій таблиці альтернативи рішень розташовуються в лівому стовпці таблиці, а можливі стани природи є заголовками стовпців, розташованих праворуч від стовпця альтернатив (табл. 1).

Таблиця 1

Таблиця платежів

Рішення	Стан природи		
	1	…	m
D_1	r_{11}		
…		r_{ij}	
D_h			r_{nm}

Клас моделей прийняття рішень в умовах визначеності відповідає ситуації, коли відомо, у якому стані буде перебувати природа після ухвалення рішення. Цю умову можна інтерпретувати й так, що природа може перебувати тільки в одному-єдиному стані. Моделі лінійного програмування, цілочисельного програмування, нелінійного програмування й інші детерміновані моделі можна розглядати як моделі прийняття рішень, спрямованих проти дій природи, що має тільки один стан. У цьому разі ОПР завжди одержує який-небудь платіж (залежно від конкретної моделі) після прийняття будь-якого рішення, і цей платіж повториться, якщо ОПР знову прийме дане рішення.

Теорія прийняття рішень в умовах ризику пропонує свій підхід до моделей з неповною визначеністю. Цей підхід називається прийняттям рішень в умовах ризику. Тут термін ризик має цілком певний зміст, коли розглядається кілька станів природи, і аналітик може робити припущення про ймовірності настання кожного з них. Наприклад, є m (m > 1) станів природи і p_j – оцінка ймовірності настання події j. У загальному випадку значення ймовірності оцінюється на підставі яких-небудь статистичних даних за минулі періоди часу, де зафіксовані прояви події протягом певного часу спостережень.

Очікуване значення будь-якої випадкової величини обчислюється як зважене середнє всіх можливих значень цієї випадкової величини, де ваги є ймовірностями прийняття випадковою величиною даних значень.

Оскільки результат прийняття того або іншого рішення залежить від станів природи, очікуваний результат, який пов'язаний з рішенням *i*, обчислюється як сума добутків платежу r_{ij} і ймовірності p_{ij} за всіма можливими станами *j*. Таким чином, ER_i – очікуваний результат ухвалення рішення обчислюється за формулою:

$$ER_i = \sum_{j=1}^{m} r_{ij} \times p_{ij}.$$

Далі необхідно вибрати таке рішення, що максимізувало б очікуваний результат, тобто $\max(ER_i)$.

У моделях прийняття рішень в умовах невизначеності є більше одного стану природи, але в цьому випадку невідомі ймовірності прояву цих станів природи. Існує кілька різних підходів до аналізу класу моделей, що працюють в умовах невизначеності: критерій Лапласа, максімінний критерій, максімаксний критерій, критерій мінімаксних втрат [6].

1.3. Прийняття рішень в умовах ризику на основі застосування методу дерева рішень

Раціональний вибір означає припущення, що рішення людини є результатом упорядкованого процесу мислення.

Теорія прийняття рішень і аналіз рішень ґрунтуються на основних роботах Джона фон Неймана й Оскара Моргенштерна [6]. Моделі прийняття рішень, які відображають реальні управлінські й виробничі ситуації, як правило, дуже складні. Процес їхнього створення й аналізу можна умовно розбити на чотири етапи: 1) створення структури моделі; 2) визначення значень імовірностей можливих вихідних результатів; 3) визначення значень корисності можливих вихідних результатів; 4) оцінка альтернатив і вибір стратегії.

Останній етап аналізу рішень, тобто оцінка альтернатив і вибір оптимальної стратегії – це серцевина аналізу рішень. Але на практиці звичайно це найлегший етап аналізу. Значно більших зусиль вимагають перші три етапи. Створення структури моделі, що містить у собі формулювання альтернатив і завдання цільової функції, часто є найбільш складним етапом аналізу, особливо, якщо модель відображає реальні ситуації. Важливо зрозуміти, що аналіз рішень не припускає повністю об'єктивного аналізу моделей прийняття рішень. Багато аспектів аналізу рішень вимагають особистих суджень – це стосується структури моделі, визначення значень імовірностей і корисності. У багатьох складних моделях, що ві-

дображають реальні ситуації, не вистачає емпіричних даних для повного аналізу. Однак практика показує, що навіть у таких випадках аналіз із використанням дерев рішень приносить безсумнівну користь. Крім того, у процес ухвалення рішення неминуче включаються численні якісні й важкоформалізовані фактори. Тому завдання аналізу рішень складається не в тому, щоб зробити його повністю "об'єктивним" або виключити будь-які суб'єктивні судження, а щоб зрозуміти, погодити й виключити протиріччя між усіма видами факторів, що впливають на модель.

Дерево рішень – графічна модель аналізу рішень в умовах ризику. Дерева рішень створюються для використання у випадках, коли приймається послідовність рішень, кожне з яких веде до деякого результату.

Типове дерево рішень складається з вузлів рішень (квадрат) і вузлів випадкових подій або рішень випадку (кружок) (рис. 1).

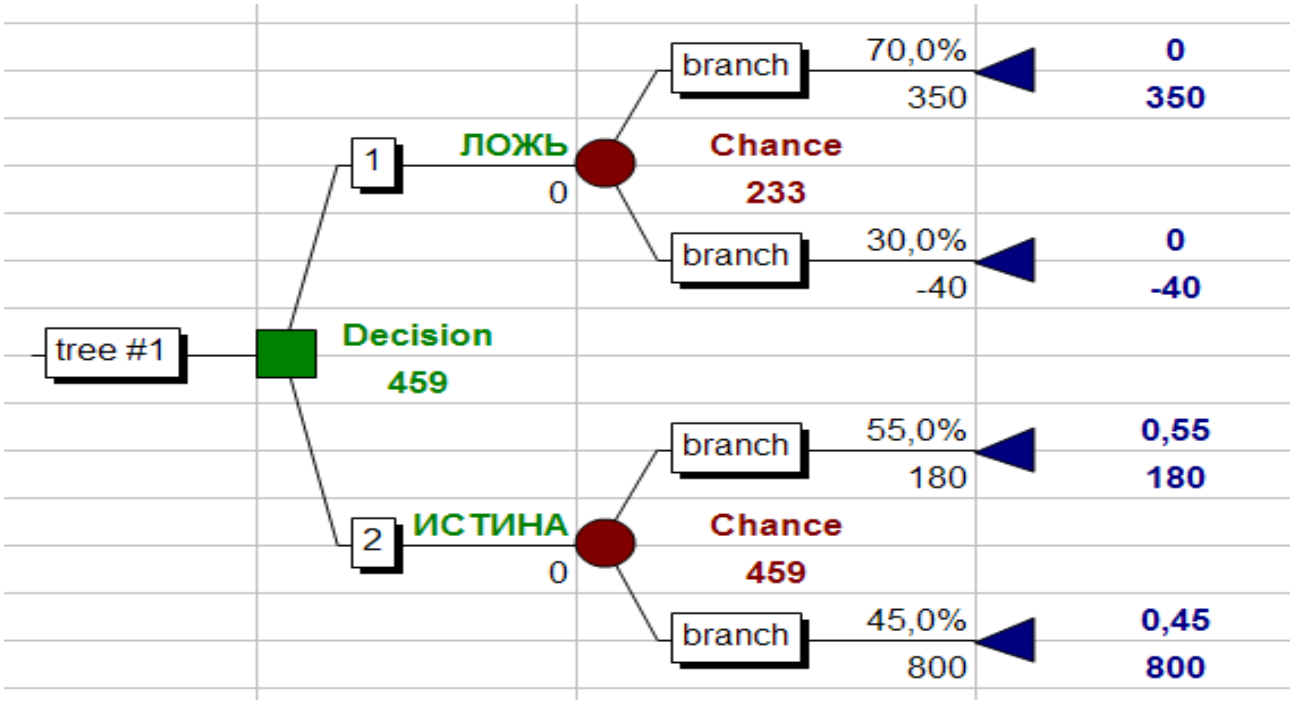


Рис. 1. **Типове дерево рішень**

Гілки, що виходять із вузла рішення, представляють можливі рішення, а гілки, що виходять із вузла подій, відповідають різним випадковим подіям. На гілках дерева позначають значення ймовірностей, на кінцях гілок представляють результат дії. Дерево будують зліва направо.

У закінченому дереві рішень шлях від початкового вузла дерева до якого-небудь кінцевого вузла представляє послідовність рішень і можливих випадкових подій.

Обчислення в дереві рішень виконуються за схемою зворотного перерахування, починаючи від кінцевих вузлів і закінчуючи початковим вузлом дерева. Цей метод називають методом "згортання" дерева. При

цьому для вузлів подій обчислюються очікувані значення від випадкових подій, а для вузлів рішень як значення вибирається максимальне очікуване значення, обчислене для гілок, що виходять із вузла рішень.

Таким чином, за деревом рішень визначається оптимальна стратегія – послідовність рішень, які повинні виконуватися при виникненні тих або інших випадкових подій.

При роботі з деревами рішень більшу роль відіграє теорема Байєса [3], що задає формальний метод, який дозволяє в процесі прийняття рішень урахувати нову інформацію:

$$p(A) \times p(H_k \mid A) = p(H_k) \times p(A \mid H_k),$$

де $p(A)$ – імовірність настання події A;

$p(H_k \mid A)$ – умовна ймовірність настання події H_k, за умови, що подія A настала;

k – індекс події, k=1,…,n;

$p(H_k)$ – імовірність настання події H_k;

$p(A \mid H_k)$ – умовна ймовірність настання події A, за умови, що подія H_k настала.

Варто нагадати деякі поняття з теорії ймовірностей, які використовуються при прийнятті рішень [3].

Сумою декількох подій A і B називається подія, що полягає в появі хоча б однієї з цих подій.

Добутком декількох подій A і B називається подія, що полягає в спільній появі всіх цих подій.

Імовірність суми двох несумісних подій дорівнює сумі ймовірностей цих подій:

$$p\,(A + B) = p(A) + p(B).$$

Якщо якісь події утворюють повну групу подій, то сума їхніх імовірностей дорівнює 1.

Подія A називається незалежною від події B, якщо імовірність події A не залежить від того, відбулася подія B чи ні.

Імовірність добутку двох подій дорівнює добутку імовірності однієї з них на умовну імовірність іншої за умови, що перша мала місце:

$$p\,(A \times B) = p\,(A) \times p\,(B|A) = p(B) \times p(A|B).$$

Імовірність добутку двох незалежних подій дорівнює добутку їхніх імовірностей:

$$p(A \times B) = p(A) \times p(B).$$

Формула повної ймовірності:

$$p(A) = \sum_{k=1}^{n} p(H_k) \times p(A|H_k).$$

2. Особливості роботи в середовищі пакета PrecisionTree

Пакет становить надбудову пакета Excel. На рис. 2 наведено ярлик пакета PrecisionTree. Після загрузки пакета не слід відключати макрос, внаслідок чого з'явиться вікно (рис. 3).

Рис. 2. **Ярлик пакета Precision Tree**

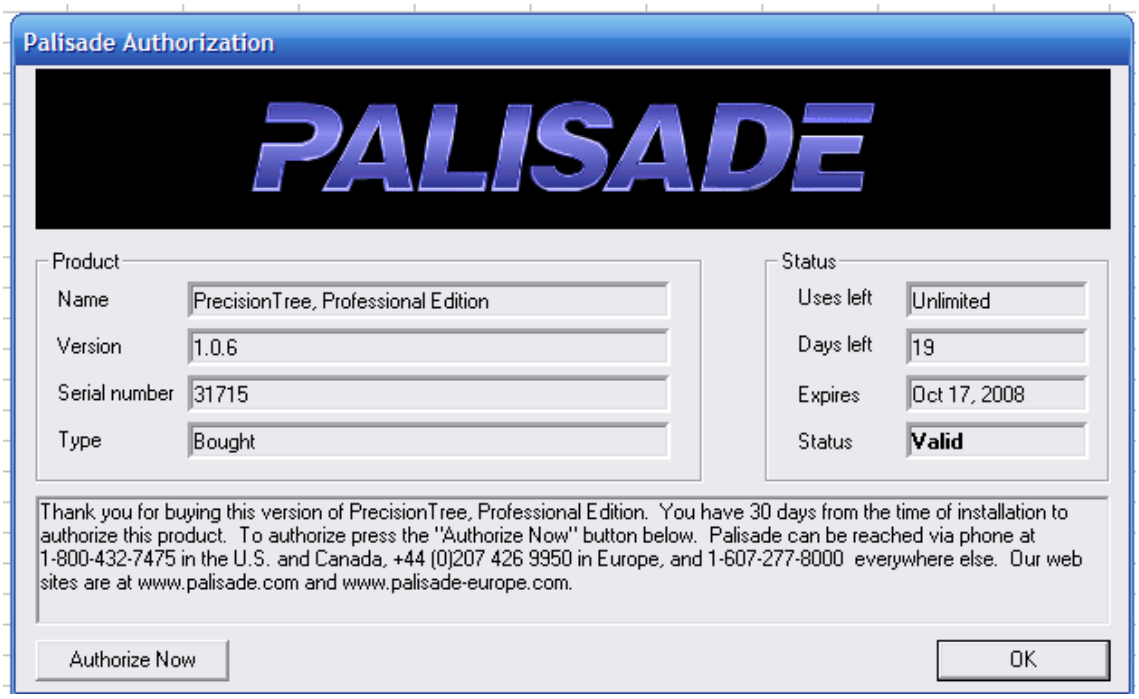


Рис. 3. **Перше вікно пакета PrecisionTree**

На рис. 4 показано панель інструментів пакета PrecisionTree, на рис. 5 – призначення піктограм панелі інструментів.

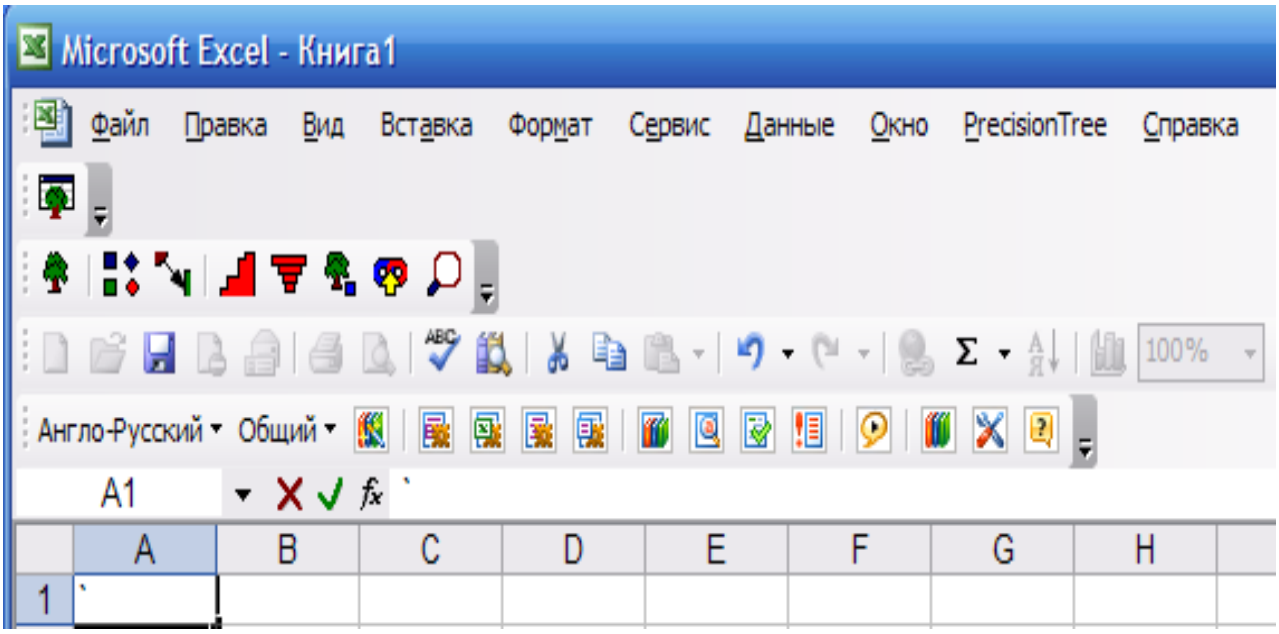


Рис. 4. **Панель інструментів пакета PrecisionTree в меню пакета Excel**

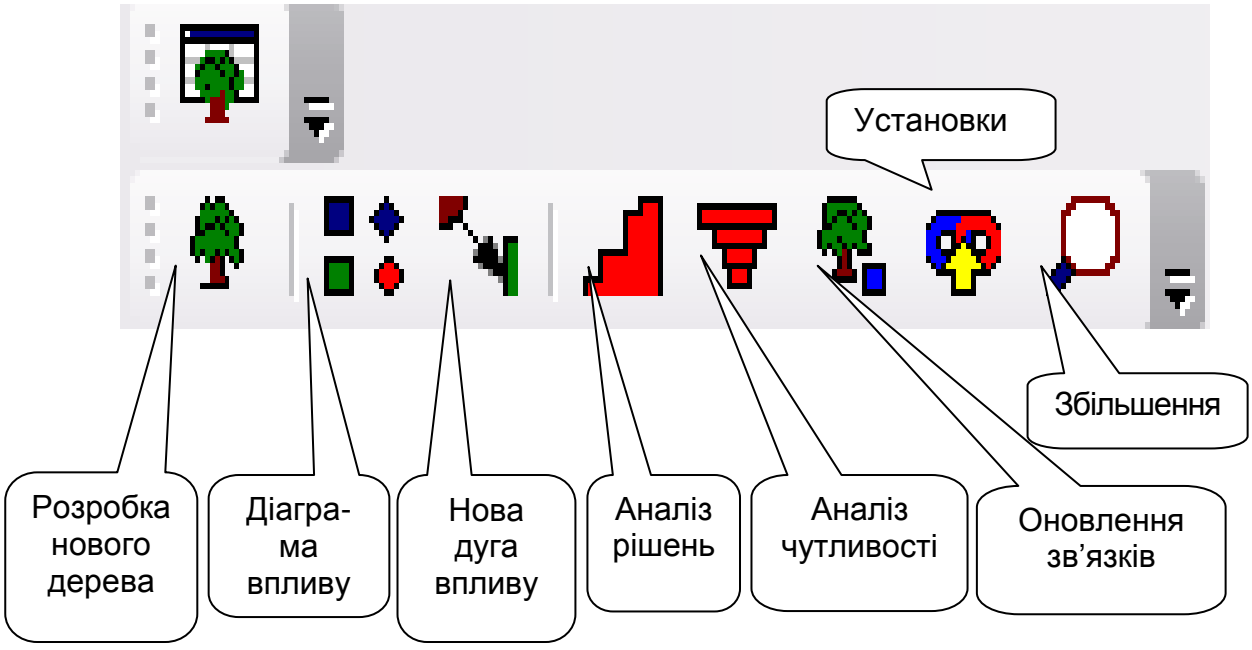


Рис. 5. **Панель інструментів пакета PrecisionTree**

Побудова нового дерева починається з вибору першої піктограми (Розробка нового дерева) та зазначення місця в полі листа Excel початку нового дерева (рис. 6).

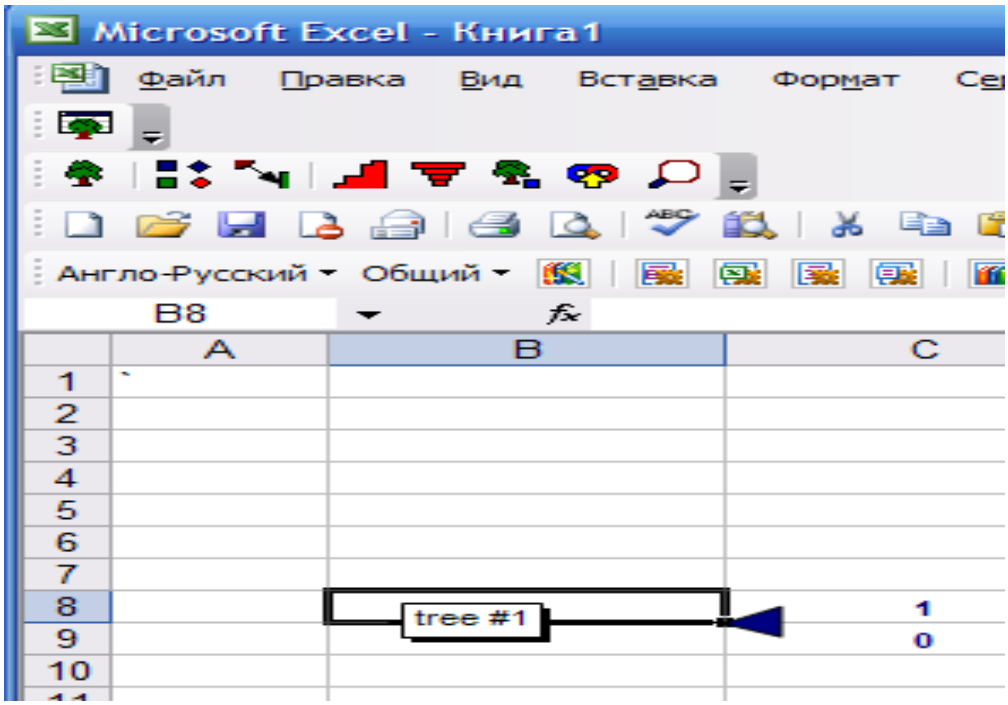


Рис. 6. **Побудова нового дерева**

У PrecisionTree вузли рішення відображають зеленими квадратами, випадкові вузли – червоними кружками. Вузол виплати називають вузлом кінця (зображений синім трикутником). Два додаткових вузли (логіка й посилання) використовуються як додаткові можливості пакета.

Випадковий вузол повинен перебувати праворуч від результату ухвалення рішення, заміняючи існуючий вузол кінця. Для заміни вузла кінця вузлом рішення або випадковим вузлом необхідно активізувати вузол кінця й вибрати у вікні Node Settings необхідний вузол (рис. 7). Кожному вузлу та кожній гілці необхідно надати ім’я. Біля кожної гілки можна проставити її цінність в осередках вище й нижче гілки.

Гілки дерева виходять із кожного вузла. Розрізняють три головні типи вузлів у дереві рішення, відповідно, три види гілок:

1. У вузла рішення є гілка, що виходить із нього для кожного доступного вибору.

2. У випадкового вузла є гілка для кожного можливого результату.

3. Вузол кінця не має ніяких гілок і повертає виплату й імовірність для зв’язаного шляху.

У вузлі рішення, в осередку нижче гілки, вказують її цінність. Для випадкового вузла зазначають дві цінності – імовірність гілки й її цінність.

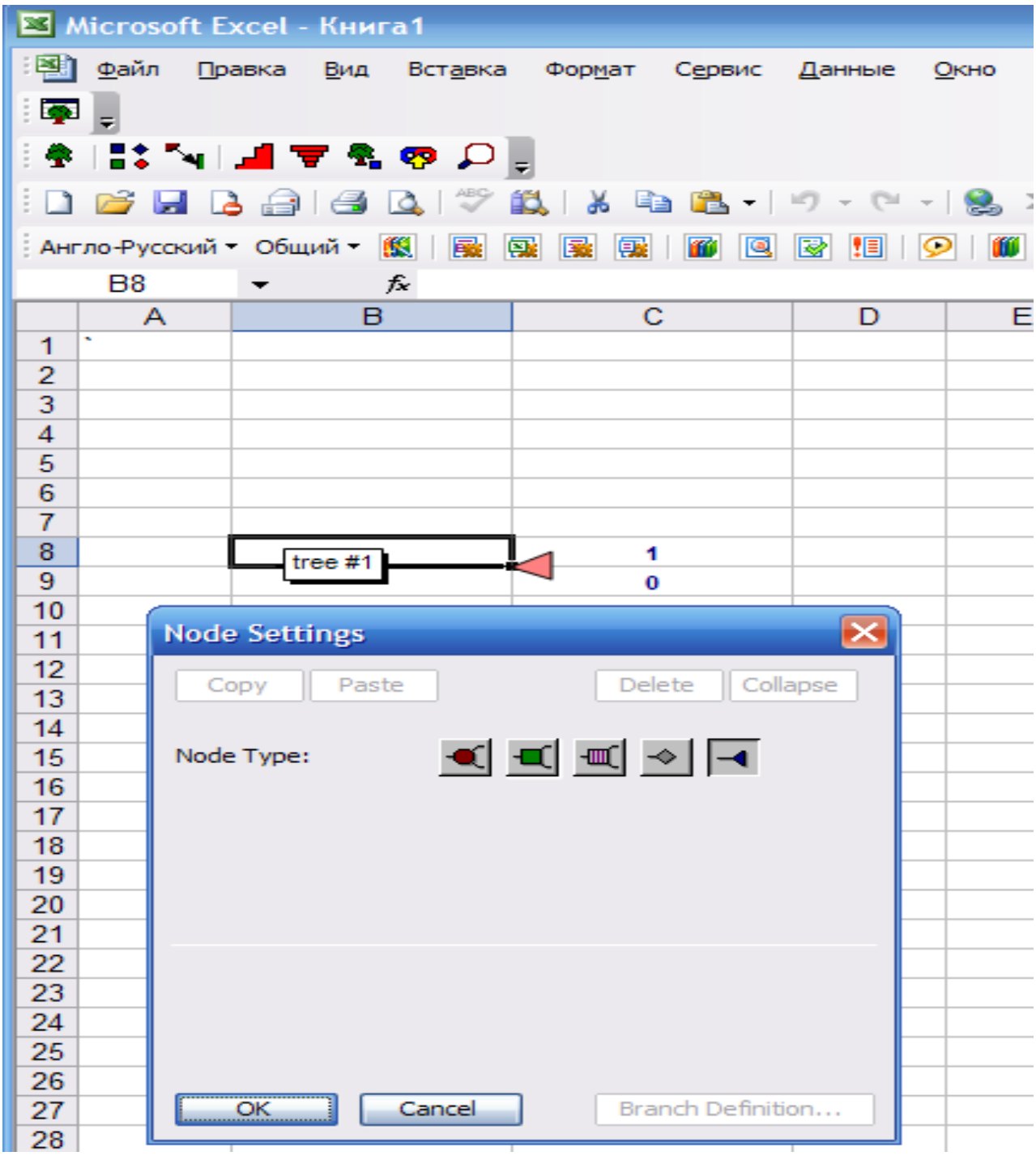


Рис. 7. **Звернення до інструмента вибору типу вузла**

Для надання імені дереву й установок пошуку максимуму чи мінімуму функції корисності при експонентній чи логарифмічній функції оцінювання необхідно активізувати лейбл дерева, у вікні Tree Settings (рис. 8) встановити необхідні параметри. Так само у вікні Branch Settings надають ім’я кожній гілці дерева (рис. 9).

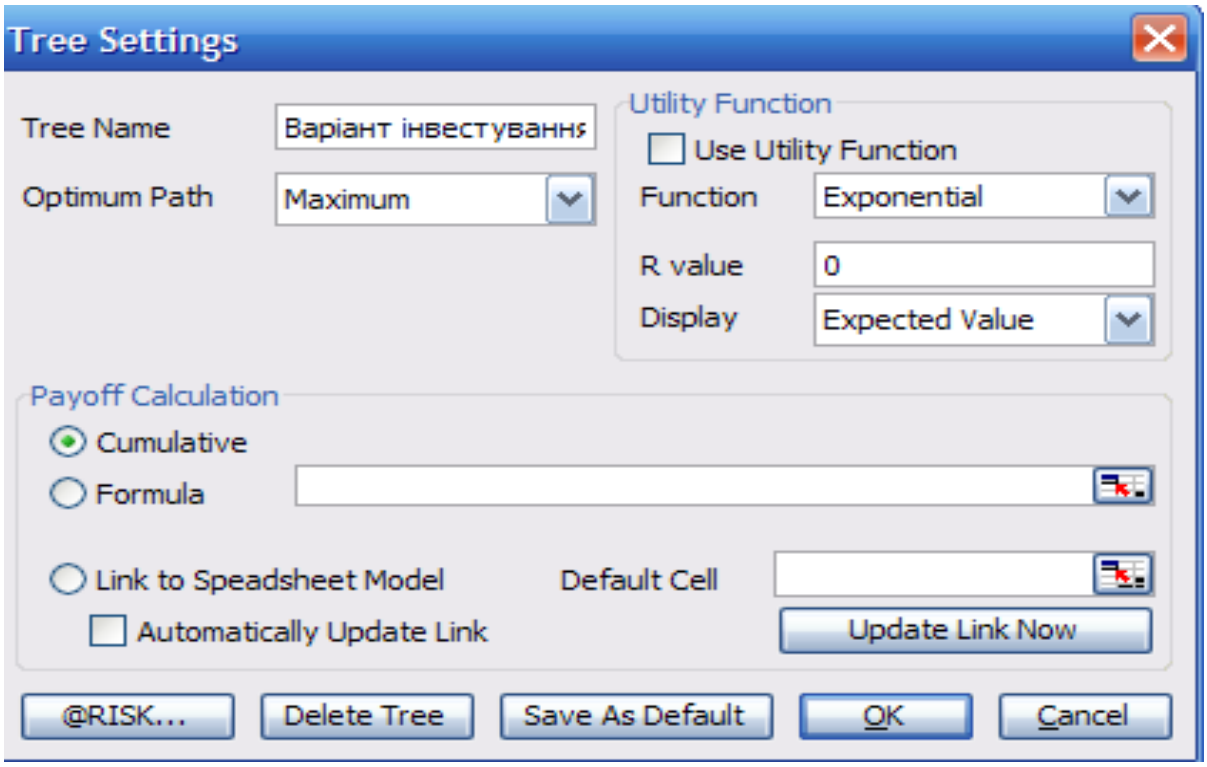


Рис. 8. **Надання імені дереву та установка пошуку максимуму функції корисності при експонентній функції оцінки у вікні Tree Settings**

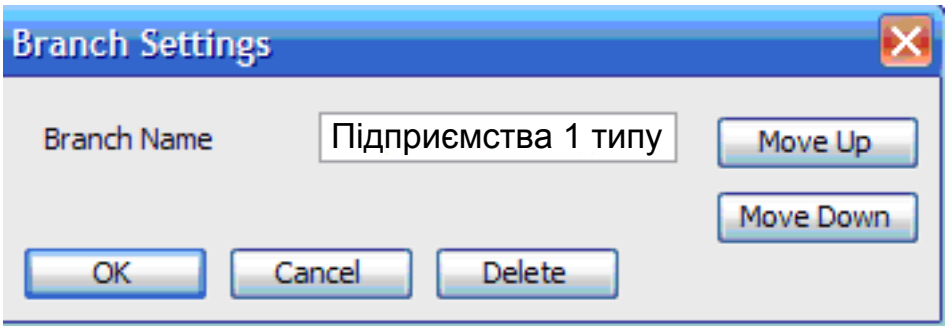


Рис. 9. **Надання імені гілці дерева у вікні Branch Settings**

Оптимальний шлях у дереві рішень знаходиться автоматично методом "згортання", як це було описано вище. PrecisionTree видає повідомлення про те, який вибір був зроблений у кожному вузлі. При цьому відбиваються: оптимальний шлях і очікувана цінність кожного обраного вузла. У кожної гілки вузла рішення є напис ІСТИНА (ИСТИНА) або НЕПРАВДА (ЛОЖЬ), які вказують, чи була гілка обрана. Для вузла кінця дві цінності показують імовірність шляху в дереві й цінність, якщо шлях дійсно обраний. Крім того, результат обчислень включає наступні віхи обчислень:

Chance – містить обчислену очікувану цінність, починаючи від самих правих випадкових вузлів, тим самим зменшується кількість варіантів вибору до єдиного випадку.

Decision – відображає вибір оптимального шляху, починаючи від самих правих вузлів рішення, тим самим зменшується кількість варіантів вибору до єдиного випадку.

Repeat означає необхідність повернутися, щоб повторити процедуру, якщо є вузли, для яких не було виконано обчислення.

PrecisionTree показує результати рішення для розроблювальної аналітиком моделі в таблиці в реальному часі.

Отримана модель може бути проаналізована. Для цього в пакеті існує інструмент аналізу. Звернення до нього здійснюється з пункту головного меню: Precision Tree, підпункту Analysis (рис. 10). Він надає наступні можливості: аналіз рішення, аналіз чутливості, аналіз параметрів діаграм. Аналіз рішення дозволяє вивести: звіт зі статистики рішення, з політики пропозицій варіантів рішень, профілю ризику, кумулятивної діаграми, діаграми розсіювання. Результати аналізу рішення наведені далі в прикладі.

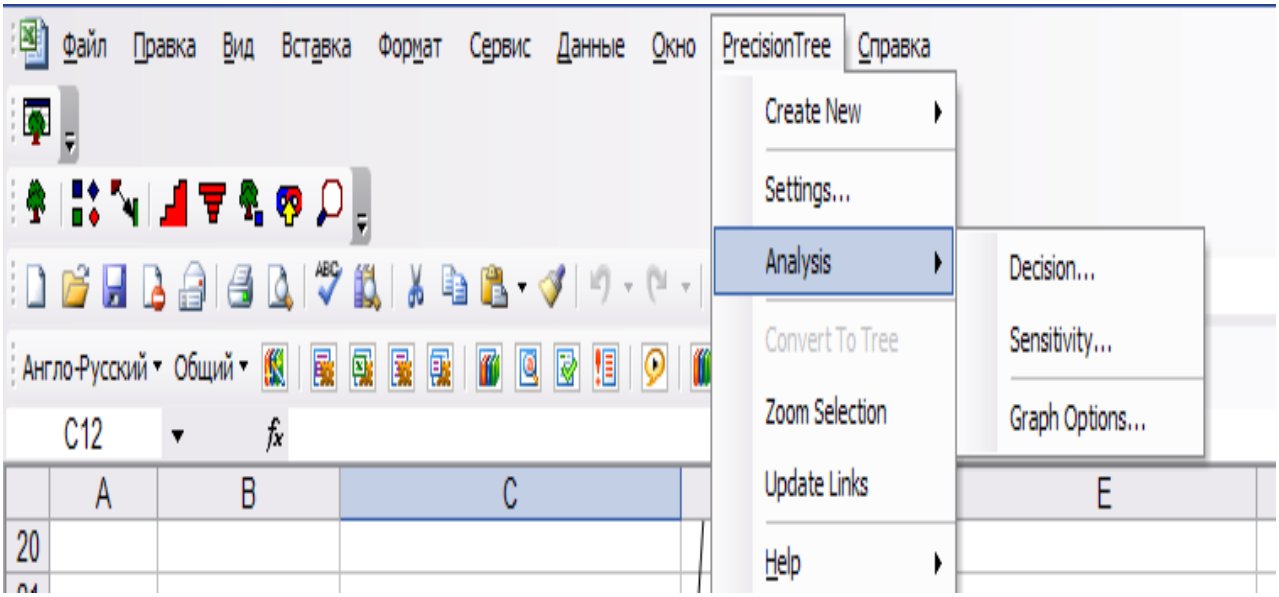


Рис. 10. **Звернення до інструменту аналізу рішення**

3. Приклади пошуку однокритеріального оптимального рішення в умовах ризику в середовищі пакета PrecisionTree

3.1. Розробка оптимальної стратегії інвестування коштів у будівництво підприємств в умовах ризику

У певному регіоні на території України необхідно побудувати три підприємства першого типу, яким для здійснення діяльності необхідно 60% питної води й 40% технічної води, і два підприємства другого типу, яким для здійснення діяльності необхідно 30% питної води й 70% технічної води. Підприємства повинні бути максимально наближені до місць наявності ресурсів (матеріальних, трудових та інших).

Про результат будівництва підприємств відомо наступне: прибуток і втрати у випадку невизначеності з водними ресурсами.

Якщо обрана місцевість має у своєму розпорядженні необхідне співвідношення водних ресурсів і там побудувати підприємства 1 типу, то прибуток становитиме 350 у.о. Якщо обрана місцевість не має у своєму розпорядженні необхідне співвідношення водних ресурсів і будуть побудовані підприємства 1 типу, то програш складе 50 у.о.

Якщо вибір буде за підприємствами 2 типу і це буде відповідати наявності необхідних водних ресурсів, то прибуток становитиме 500 у.о., у протилежному випадку програш складе 100 у.о.

Аналітикові необхідно зробити вибір: у будівництво яких з підприємств необхідно вкласти кошти, з огляду на те, що підприємства в майбутньому принесуть прибуток. Тобто, необхідно ухвалити рішення щодо вибору раціонального варіанта інвестування в будівництво підприємств, для яких відома наявність усіх ресурсів, крім водних. Інакше, необхідно оцінити середню очікувану корисність кожної із зазначених дій в умовах ризику і вибрати дію з максимальною очікуваною корисністю.

Рішення залежить від того, яку з наступних дій обере аналітик:

D1 – вибрати підприємство 1 типу;

D2 – вибрати підприємство 2 типу.

Умови задачі представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Умови задачі оптимізації інвестування

Тип підприємства	Вимоги до співвідношення питної й технічної води	Імовірність вибору підприємства	Виграш при виборі дії, у.о.	
			D1	D2
Підприємство 1 типу	Питної 60%	0,6	350	-100
	Технічної 40%			
Підприємство 2 типу	Питної 30%	0,4	-50	500
	Технічної 70%			

Рішення полягає в оцінці середньої очікуваної корисності кожної дії й виборі дії з максимальною очікуваною корисністю. Для кожної з дій обчислюється середнє значення виграшу або функції корисності:

$U(D1) = 0,6 \times 350 - 0,4 \times 50 = 190$ у.о.,

$U(D2) = 0,4 \times 500 - 0,6 \times 100 = 140$ у.о.

У цьому випадку варто прийняти дію D1 – будувати підприємство 1 типу.

На рис. 11 наведений варіант рішення цієї задачі в середовищі пакета PrecisionTree. Дерево рішень будувалося з метою пошуку варіанта максимального прибутку, який може бути отриманий у результаті діяльності підприємств.

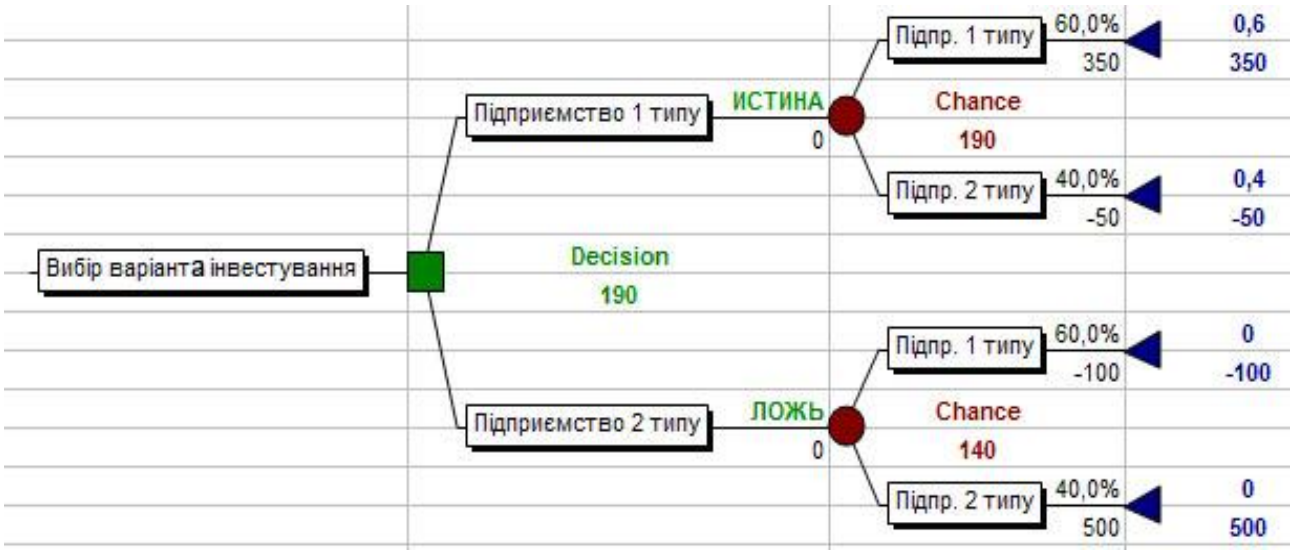


Рис. 11. **Рішення першого варіанта задачі в середовищі пакета PrecisionTree**

Якщо дозволити аналітикові вжити додаткових заходів з попереднього дослідження місцевості на предмет з'ясування співвідношення різних типів води, то задача ускладнюється й невизначеність її рішення збільшується.

Необхідно прийняти рішення, чи варто робити дослідження якості води при вартості попереднього обстеження місцевості 20 у.о. і яку відповідь на вибір підприємств 1 або 2 типу варто дати після одержання відповіді про співвідношення досліджуваних ресурсів.

У цьому випадку приймають рішення відповідно до формули Байєса. Далі наведені результати обчислень імовірностей прийняття кожного з рішень.

Вірогідність побудови підприємства 1 типу дорівнює:

$$p(П_1) = 3/5 = 0,6.$$

Вірогідність побудови підприємства 2 типу дорівнює:

$$p(П_2) = 2/5 = 0,4.$$

Вірогідність використання ресурсу 1 типу при побудові підприємства 1 типу дорівнює:

$$p(Р_1/П_1) = 0,6.$$

Вірогідність використання ресурсу 2 типу при побудові підприємства 1 типу дорівнює:

$$p(Р_2/П_1) = 0,4.$$

Вірогідність використання ресурсу 1 типу при побудові підприємства 2 типу дорівнює:

$$p(Р_1/П_2) = 0,3.$$

Вірогідність використання ресурсу 2 типу при побудові підприємства 2 типу дорівнює:

$$p(Р_2/П_2) = 0,7.$$

Вірогідність побудови підприємства 1 типу і використання ресурсу 1 типу дорівнює:

$$p_1(П_1) = p(П_1) \times p(Р_1/П_1) = 0,6 \times 0,6 = 0,36.$$

Вірогідність побудови підприємства 2 типу і використання ресурсу 1 типу дорівнює:

$$p_1(П_2) = p(П_2) \times p(Р_1/П_2) = 0,4 \times 0,3 = 0,12.$$

Вірогідність використання ресурсу 1 типу дорівнює:

$$p(Р_1) = p_1(П_1) + p_1(П_2) = 0,36 + 0,12 = 0,48.$$

Вірогідність побудови підприємства 1 типу і використання ресурсу 2 типу дорівнює:

$$p_2(П_1) = p(П_1) \times p(Р_2/П_1) = 0,6 \times 0,4 = 0,24.$$

Вірогідність побудови підприємства 2 типу і використання ресурсу 2 типу дорівнює:

$$p_2(П_2) = p(П_2) \times p(Р_2/П_2) = 0,4 \times 0,7 = 0,28.$$

Вірогідність використання ресурсу 2 типу дорівнює:

$$p(Р_2) = p_2(П_1) + p_2(П_2) = 0,24 + 0,28 = 0,52.$$

Вірогідність вибору підприємства 1 типу після використання ресурсу 1 типу дорівнює:

$$p(П_1/Р_1) = p_1(П_1)/(p_1(П_1) + p_1(П_2)) =$$
$$= (0,6 \times 0,6)/((0,6 \times 0,6)+(0,3 \times 0,4)) = 0,36/0,48 = 0,75.$$

У чисельнику вірогідність побудови підприємства 1 типу за умови використання ресурсу 1 типу, в знаменнику повна вірогідність використання ресурсу 1 типу.

Вірогідність вибору підприємства 2 типу після використання ресурсу 1 типу дорівнює:

$$p(П_2/Р_1) = p_1(П_2)/(p_1(П_1) + p_1(П_2)) =$$
$$= (0,3 \times 0,4)/((0,3 \times 0,4)+(0,6 \times 0,6)) = 0,25.$$

У чисельнику вірогідність побудови підприємства 2 типу за умови використання ресурсу 1 типу, в знаменнику повна вірогідність використання ресурсу 1 типу.

Вірогідність вибору підприємства 1 типу після використання ресурсу 2 типу дорівнює:

$$p(П_1/Р_2) = p_2(П_1) /(p_2(П_1) + p_2(П_2)) =$$
$$= (0,6 \times 0,4)/((0,6 \times 0,4)+(0,7 \times 0,4)) = 0,46.$$

У чисельнику вірогідність побудови підприємства 1 типу за умови використання ресурсу 2 типу, в знаменнику повна вірогідність використання ресурсу 2 типу.

Вірогідність вибору підприємства 2 типу після використання ресурсу 2 типу дорівнює:

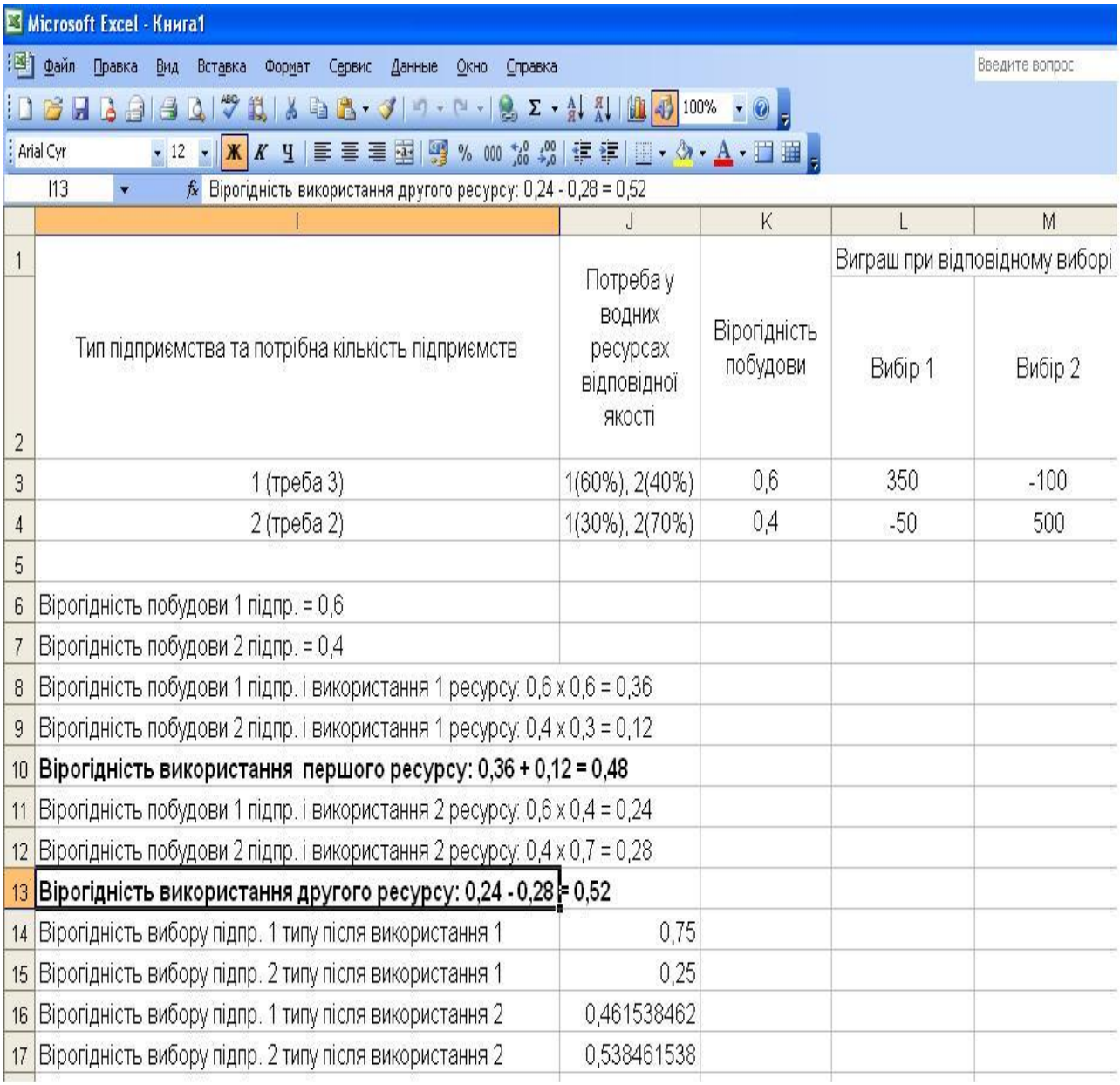
$$p(П_2/Р_2) = p_2(П_2) / (p_2(П_2) + p_2(П_1))=$$
$$= (0,4 \times 0,7)/((0,4 \times 0,7)+(0,6 \times 0,4)) = 0,54.$$

У чисельнику вірогідність побудови підприємства 2 типу за умови використання ресурсу 2 типу, в знаменнику повна вірогідність використання ресурсу 2 типу.

Необхідно побудувати дерево рішень для розробки оптимальної стратегії інвестування коштів у будівництво підприємств в умовах ризику, тобто для пошуку стратегії, яка в майбутньому принесе максимум прибутків. Далі наведено виконання необхідних обчислень засобами пакета PrecisionTree.

3.2. Побудова дерева рішень у пакеті PrecisionTree

На рис. 12 подані умови рішення задачі, на рис. 13 наведено дерево рішень.



	I	J	K	L	M
1				Виграш при відповідному виборі	
2	Тип підприємства та потрібна кількість підприємств	Потреба у водних ресурсах відповідної якості	Вірогідність побудови	Вибір 1	Вибір 2
3	1 (треба 3)	1(60%), 2(40%)	0,6	350	-100
4	2 (треба 2)	1(30%), 2(70%)	0,4	-50	500
5					
6	Вірогідність побудови 1 підпр. = 0,6				
7	Вірогідність побудови 2 підпр. = 0,4				
8	Вірогідність побудови 1 підпр. і використання 1 ресурсу: 0,6 x 0,6 = 0,36				
9	Вірогідність побудови 2 підпр. і використання 1 ресурсу: 0,4 x 0,3 = 0,12				
10	**Вірогідність використання першого ресурсу: 0,36 + 0,12 = 0,48**				
11	Вірогідність побудови 1 підпр. і використання 2 ресурсу: 0,6 x 0,4 = 0,24				
12	Вірогідність побудови 2 підпр. і використання 2 ресурсу: 0,4 x 0,7 = 0,28				
13	**Вірогідність використання другого ресурсу: 0,24 - 0,28 = 0,52**				
14	Вірогідність вибору підпр. 1 типу після використання 1	0,75			
15	Вірогідність вибору підпр. 2 типу після використання 1	0,25			
16	Вірогідність вибору підпр. 1 типу після використання 2	0,461538462			
17	Вірогідність вибору підпр. 2 типу після використання 2	0,538461538			

Рис. 12. **Умови рішення задачі побудови дерева рішень**

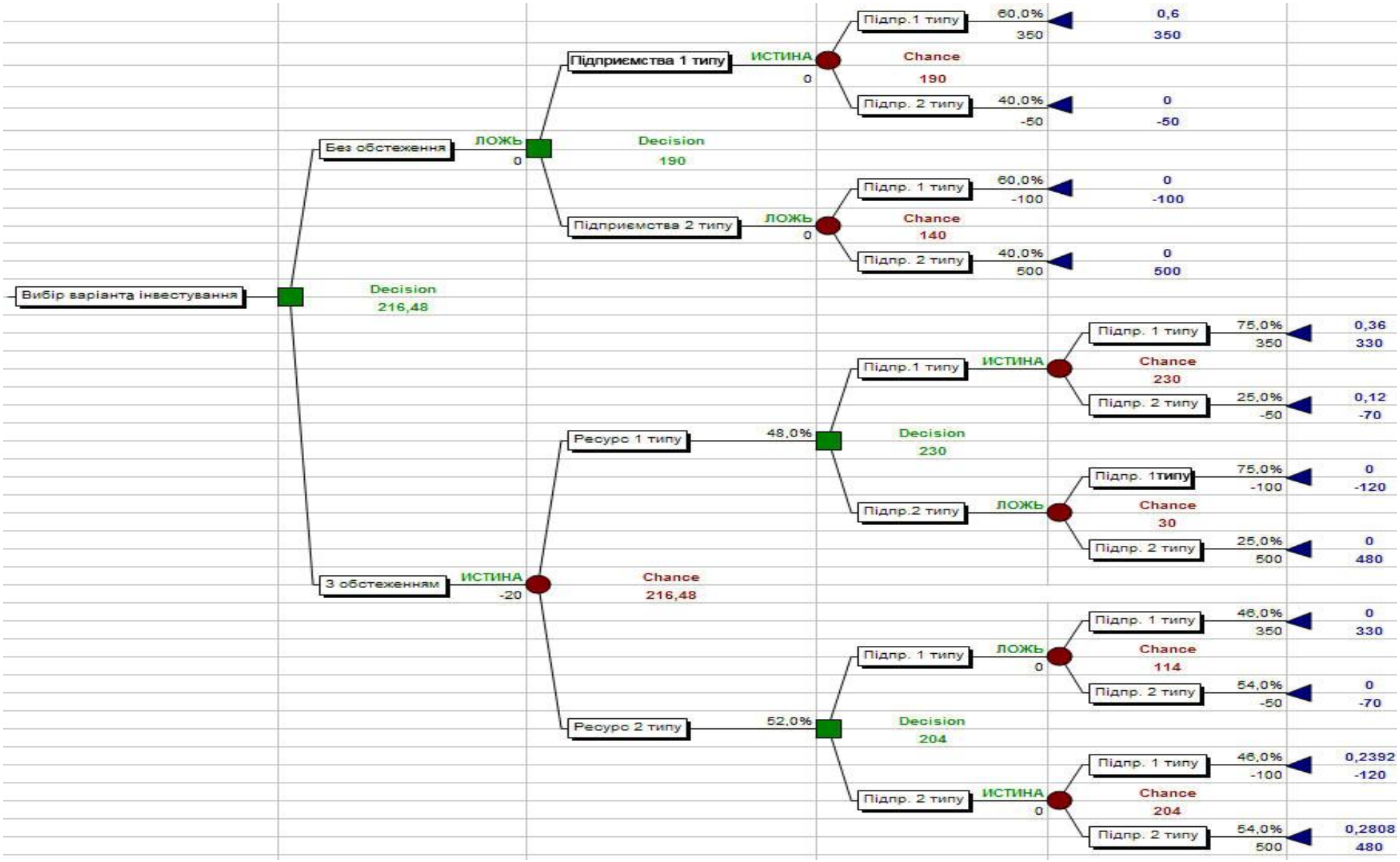


Рис. 13. **Дерево рішень**

Звернення до пунктів меню PrecisionTree, Analysis, Decision дозволяє вибрати у вікні "Decision Analysis" необхідні варіанти аналізу рішення (рис. 14). Вибір "Analysis of all Choices" дозволить отримати аналіз за всіма точками вибору аналітика.

На рис. 15 поданий звіт зі статистикою обчислень, на рис. 16 – політика пропозицій вибору, на рис. 17 – профіль ризику, на рис. 18 – кумулятивна діаграма, на рис. 19 – діаграма розсіювання.

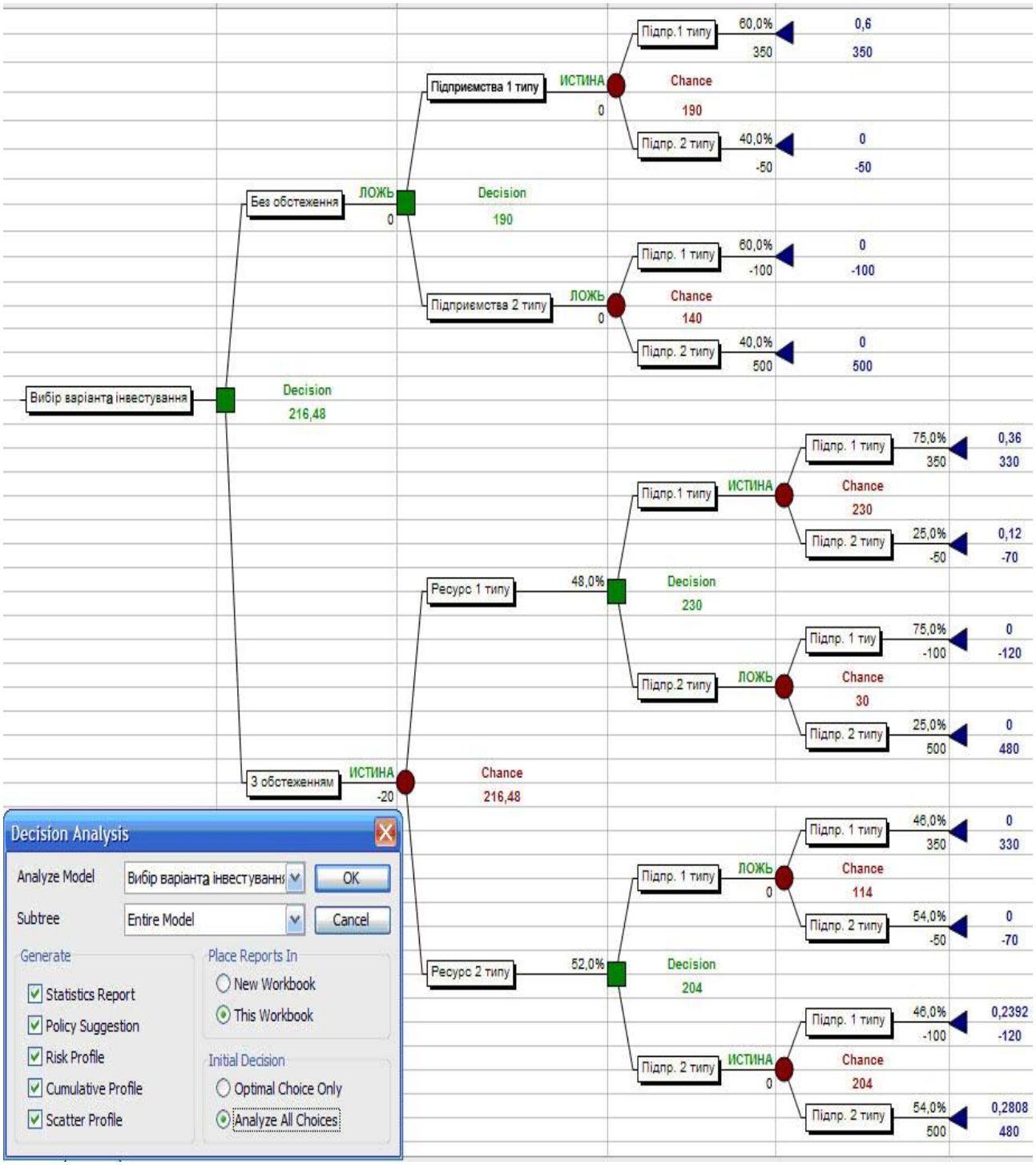


Рис. 14. **Вибір необхідних варіантів аналізу у вікні Decision Analysis**

Пропозиції вибору висвітлюють варіант вибору, одержаний як результат обчислень, та пропонують ОПР прийняти остаточне рішення.

Діаграма профілю ризику прийнятого рішення – це функція розподілу, що описує шанс, пов'язаний з кожним можливим результатом отриманої моделі рішення. Профіль ризику графічно відбиває невпевненість в отриманому рішенні.

Кумулятивна діаграма рішення відбиває накопичену вірогідність розподілу прибутку для кожного з варіантів рішення.

Діаграма розсіювання відбиває розкид значень імовірності появи відповідних значень прибутку.

5	***Decision***	*1 : Без обстеження*		*2 : З обстеженням*	
6					
7	**STATISTICS**				
8	Mean	190		216,48	
9	Minimum	-50		-120	
10	Maximum	350		480	
11	Mode	350		330	
12	Std Dev	195,9592		247,1219	
13	Skewness	-0,40825		-0,41538	
14	Kurtosis	1,166667		1,417997	
15					
16	**PROFILE:**				
17	#	X	P	X	P
18	1	-50	0,4	-120	0,2392
19	2	350	0,6	-70	0,12
20	3			330	0,36
21	4			480	0,2808

Рис. 15. **Звіт зі статистики обчислень (Лист Statistics Report)**

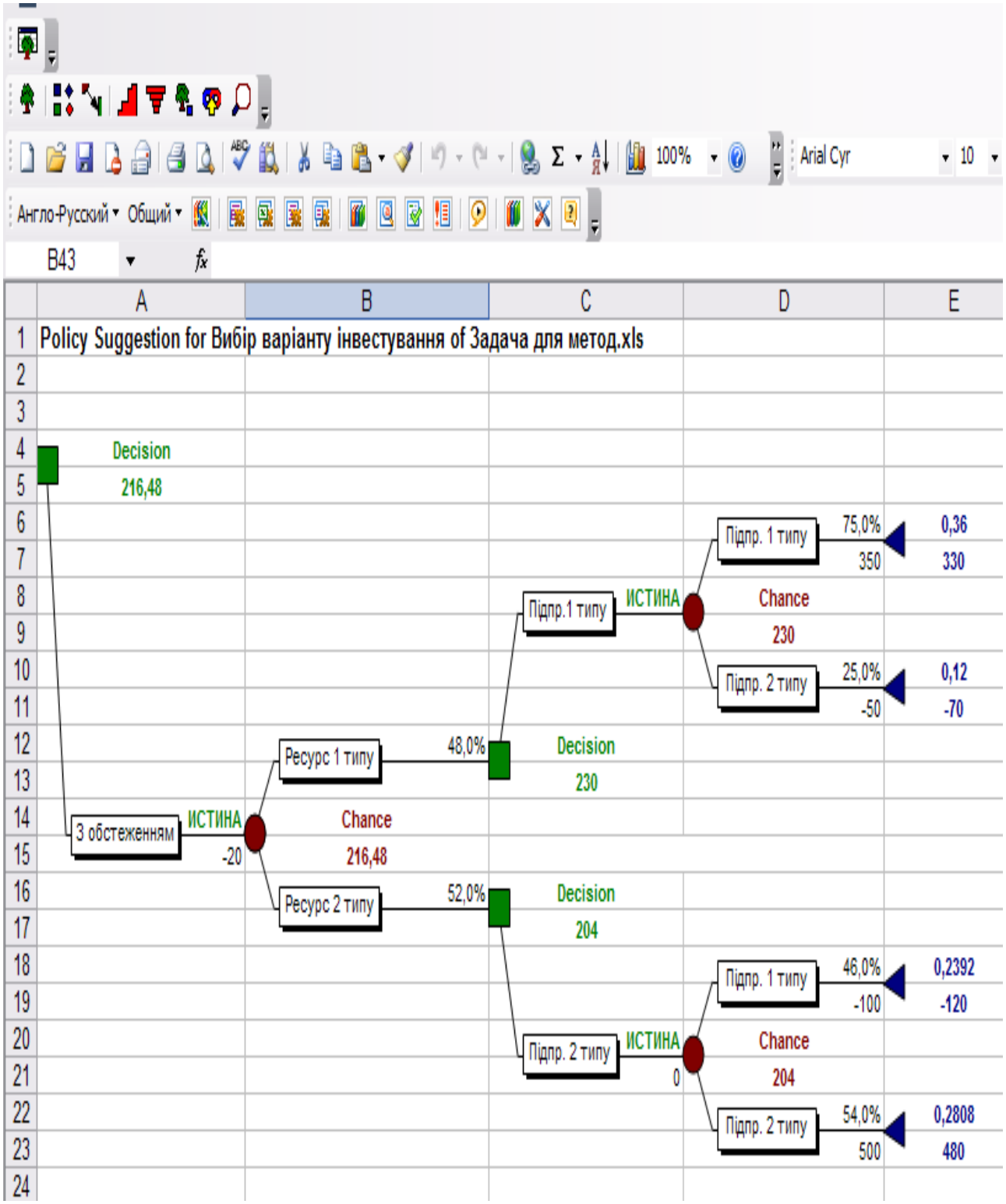


Рис. 16. **Політика пропозицій вибору (Лист Policy Suggestion)**

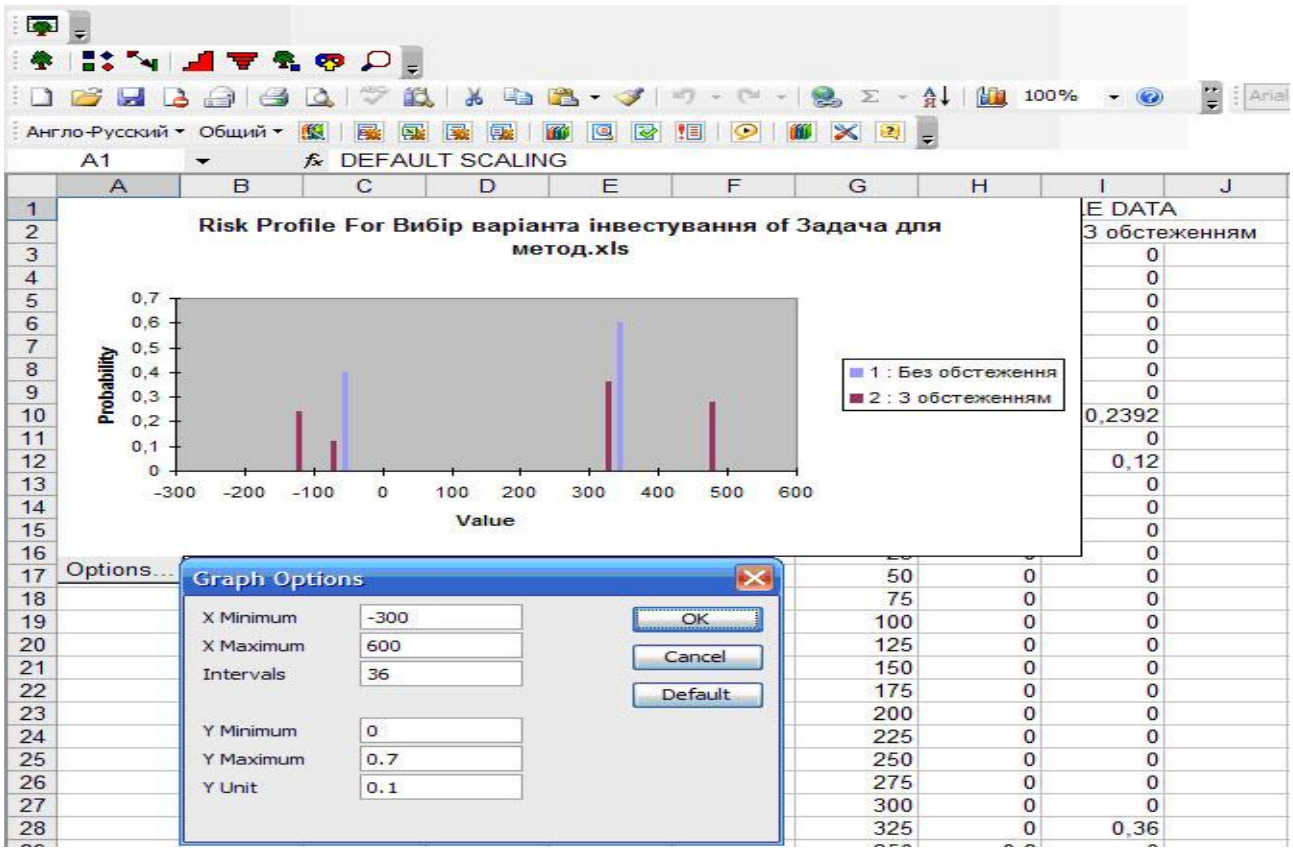


Рис. 17. **Профіль ризику (Лист Risk Profile)**

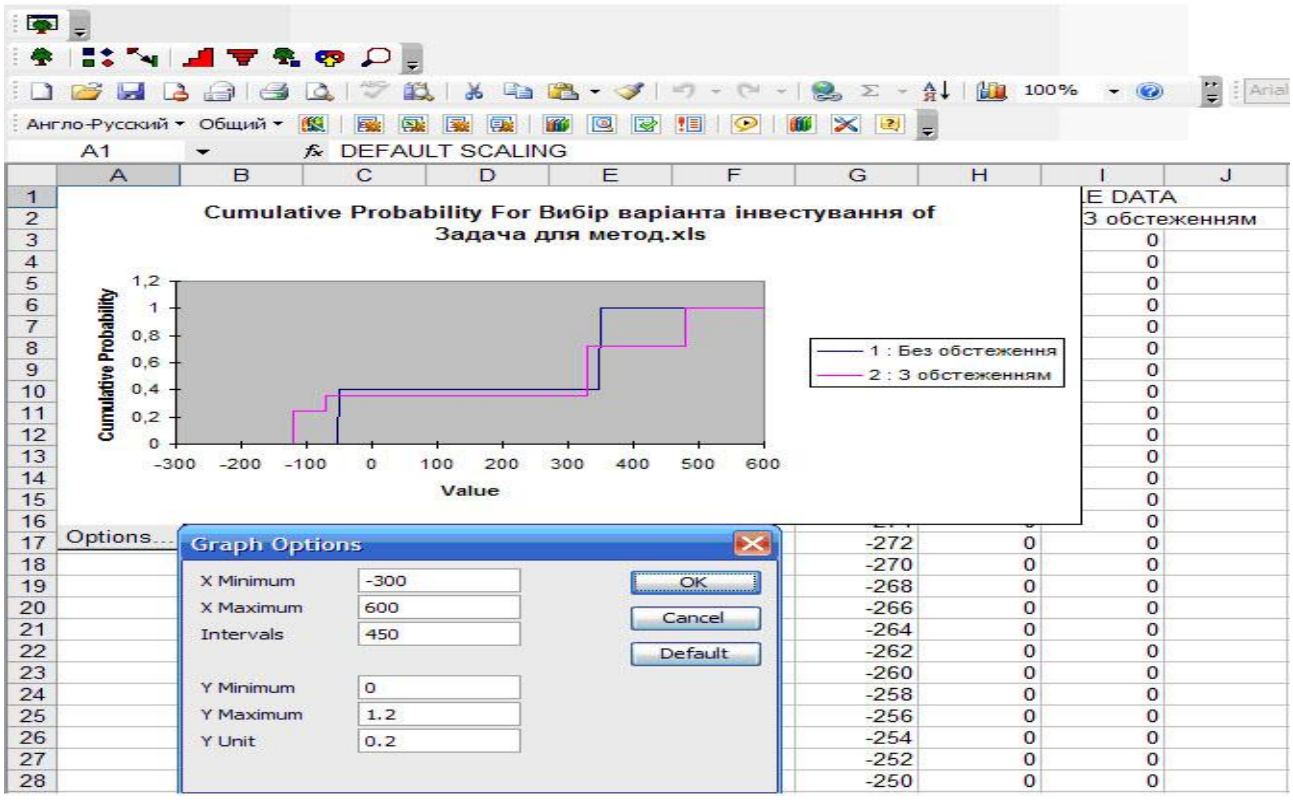


Рис. 18. **Кумулятивна діаграма рішення (Лист CumulativeProfile)**

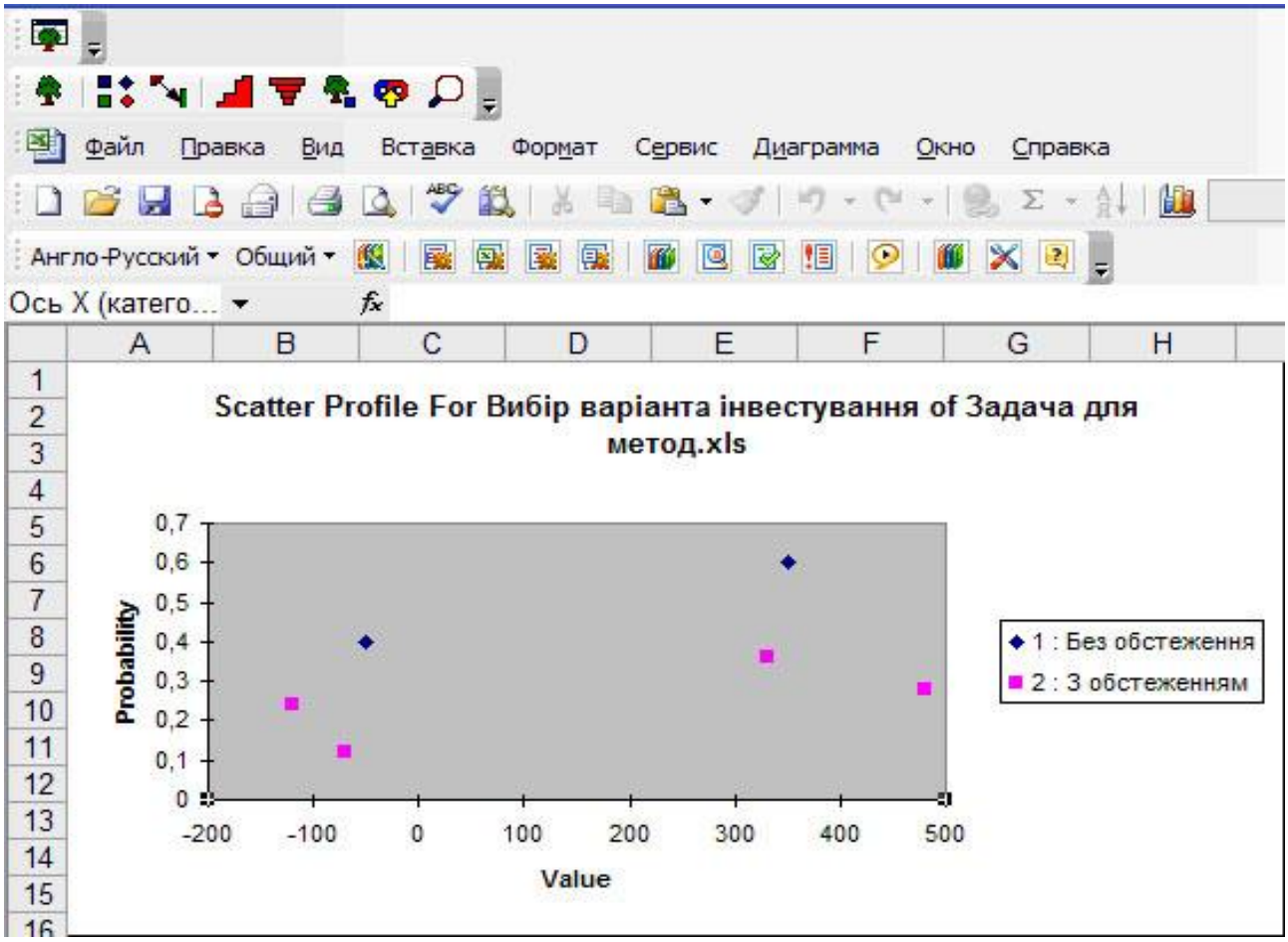


Рис. 19. **Діаграма розсіювання (Лист Scatter Profile)**

3.2. Розробка оптимальної стратегії очищення атмосферного повітря на підприємстві в умовах ризику

Підприємству необхідно розробити стратегію поліпшення стану атмосферного повітря, у наслідок чого підвищиться працездатність співробітників усіх категорій, знизяться витрати на різноманітні штрафні санкції і підвищаться прибутки підприємства. При рішенні задачі виконується пошук шляху в дереві з максимальним прибутком.

Розглядаються наступні варіанти:

1. Придбати фільтри для очищення повітря.
2. Модернізувати витяжні шафи.

У першому випадку можна придбати фільтри закордонних компаній. При цьому витрати складуть 80 000 у.о. Можна придбати фільтри вітчизняних виробників, тоді витрати складуть 56 000 у.о.

При виборі другого варіанта можливі два випадки: виконати модернізацію самотужки, тоді витрати складуть 20 000 у.о., або запросити сторонніх виконавців, тоді витрати складуть 40 000 у.о.

У випадку вдалого придбання фільтрів закордонних компаній імовірність досягнення бажаного рівня зниження забруднення повітря складе 0,4 і дохід підприємства збільшиться на 500 000 у.о. У випадку невдалого придбання фільтрів закордонних компаній імовірність досягнення бажаного рівня зниження забруднення повітря складе 0,6 і дохід підприємства збільшиться на 20 000 у.о.

У випадку вдалого придбання фільтрів вітчизняних компаній імовірність досягнення бажаного рівня зниження забруднення повітря складе 0,6 і дохід підприємства збільшиться на 600 000 у.о. У випадку невдалого придбання фільтрів вітчизняних компаній імовірність досягнення бажаного рівня зниження забруднення повітря складе 0,4 і дохід підприємства збільшиться на 15 000 у.о.

У випадку вдалої модернізації витяжних шаф зусиллями своїх фахівців імовірність досягнення бажаного рівня зниження забруднення повітря складе 0,8 і дохід підприємства збільшиться на 75 000 у.о. У випадку не занадто вдалої модернізації витяжних шаф зусиллями своїх фахівців імовірність досягнення успіху складе 0,2 і дохід підприємства зможе збільшитися тільки на 5 000 у.о.

У випадку вдалої модернізації витяжних шаф зусиллями сторонніх фахівців імовірність досягнення бажаного рівня зниження забруднення повітря складе 0,7 і дохід підприємства збільшиться на 750 000 у.о. У випадку не занадто вдалої модернізації витяжних шаф зусиллями сторонніх фахівців імовірність досягнення успіху складе 0,3 і дохід підприємства зможе збільшитися тільки на 5 000 у.о.

Необхідно побудувати дерево рішень для розробки оптимальної стратегії очищення атмосферного повітря на підприємстві в умовах ризику.

На рис. 20 наведено дерево рішення задачі "Розробка оптимальної стратегії очищення атмосферного повітря на підприємстві в умовах ризику".

На рис. 21 наведено політику пропозицій вибору Лист (Policy Suggestion) задачі "Розробка оптимальної стратегії очищення атмосферного повітря на підприємстві в умовах ризику".

На рис. 22 наведено профіль ризику (Лист Risk Profile) задачі "Розробка оптимальної стратегії очищення атмосферного повітря на підприємстві в умовах ризику".

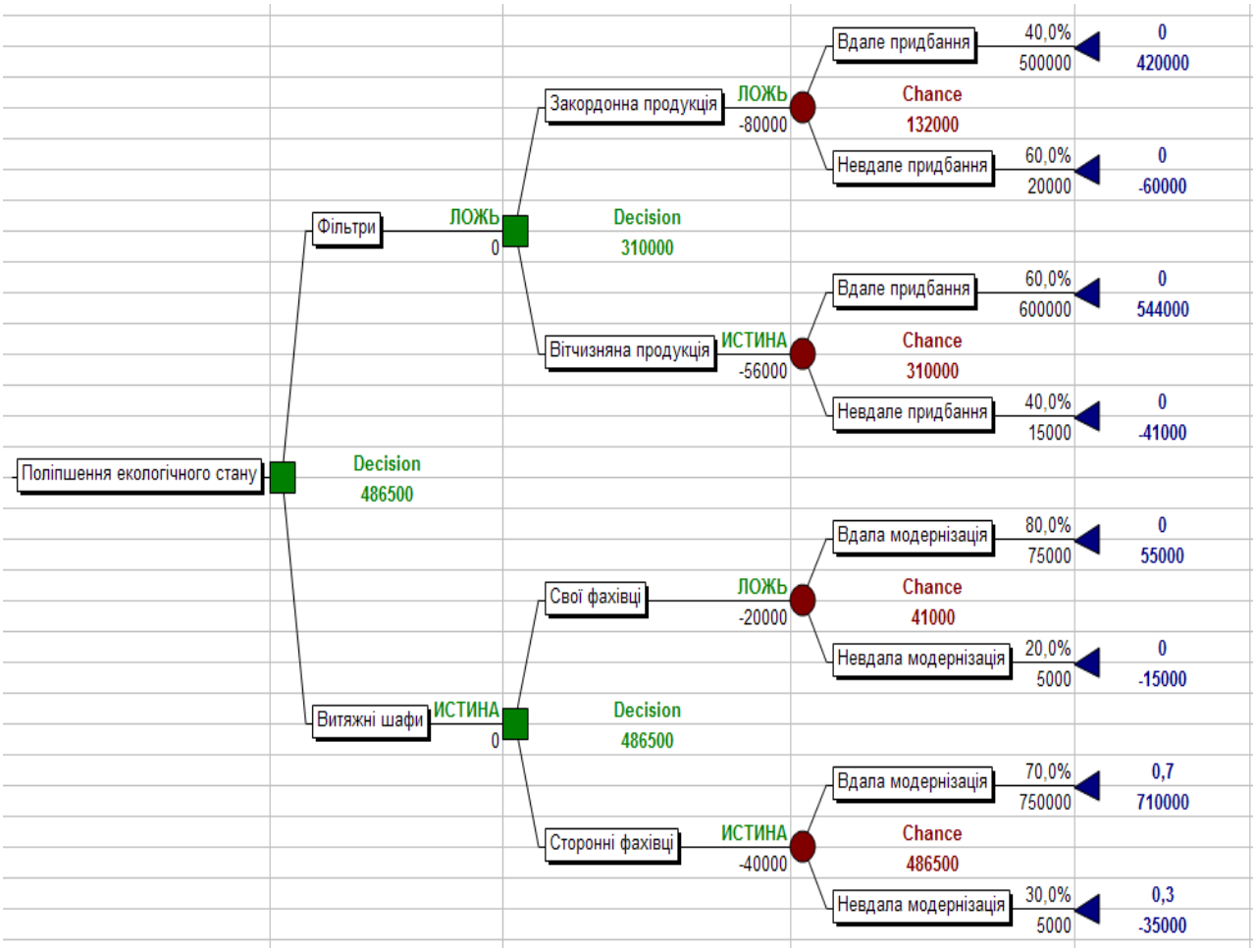


Рис. 20. **Дерево рішення задачі "Розробка оптимальної стратегії очищення атмосферного повітря на підприємстві в умовах ризику"**

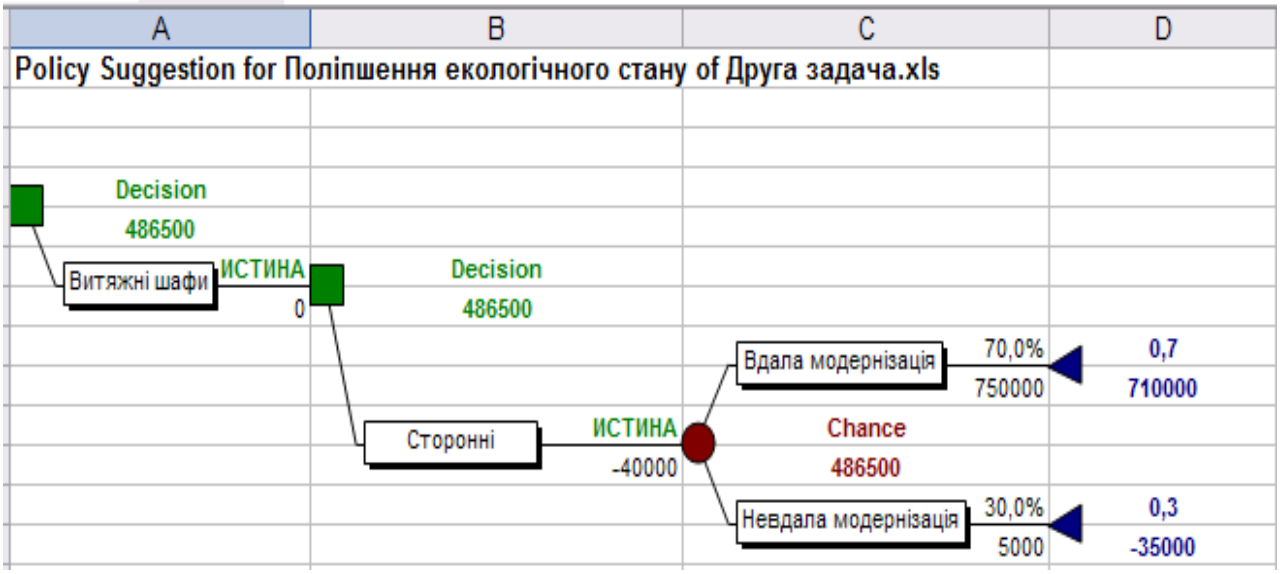


Рис. 21. **Політика пропозицій вибору (Лист Policy Suggestion) задачі**

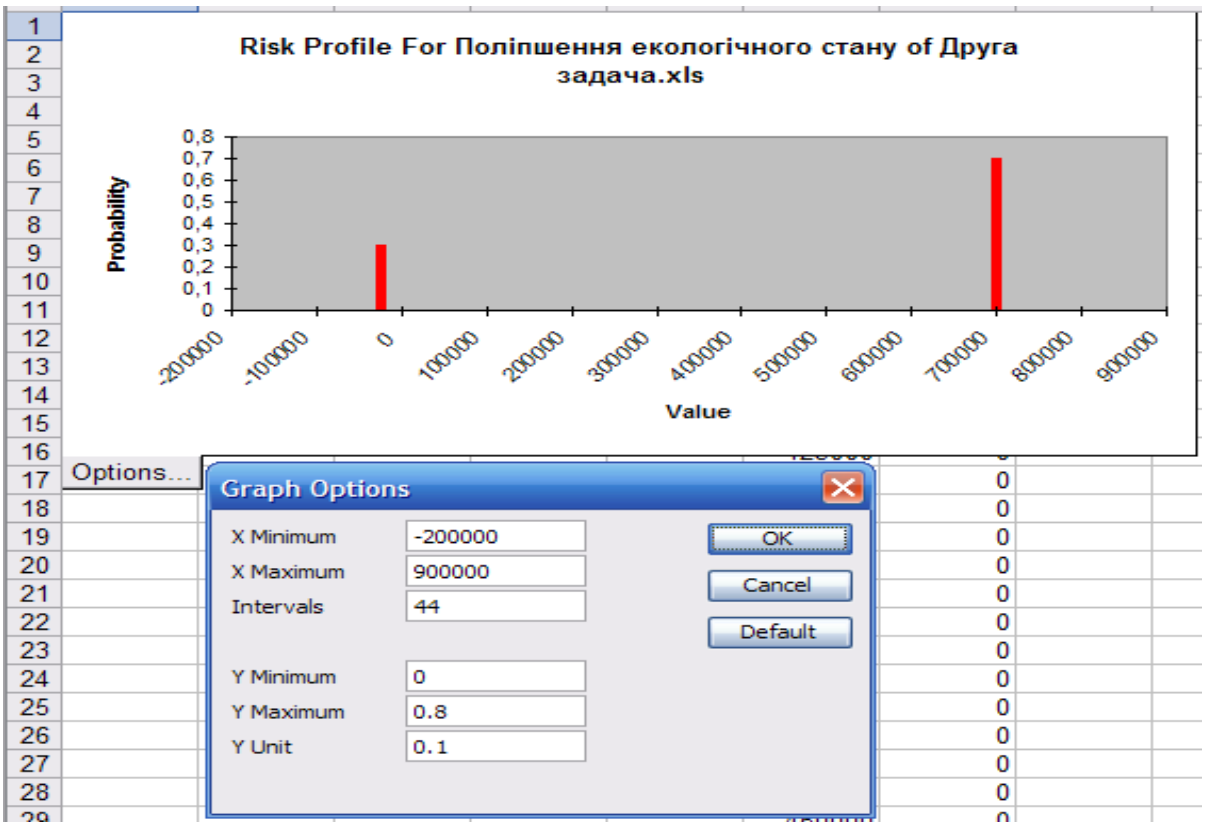


Рис. 22. **Профіль ризику (Лист Risk Profile)**

3.3. Розробка оптимальної стратегії очищення річки Сіверський Донець в умовах ризику

Розробка оптимальної стратегії очищення річки припускає або закриття, або перепрофілювання особливо небезпечних в екологічному плані підприємств, або модернізацію, або освоєння нових очисних споруд. Усі наведені процеси пов'язані із серйозними фінансовими втратами для держави в цілому. Тому при рішенні задачі виконується пошук шляху в дереві з мінімальними витратами.

При розробці оптимальної стратегії очищення ріки Сіверський Донець можливі наступні варіанти:

1. Закриття або перепрофілювання підприємств переробної промисловості, що перебувають у безпосередній близькості від річки й забруднюють її води.

2. Модернізація очисних споруд цих підприємств.

3. Освоєння нових очисних споруд, що відповідають новітнім технологіям очищення вод.

При виборі першого варіанта можливі два випадки.

У випадку закриття підприємств імовірність одержання достатнього ступеня очищення води складе 0,8, втрати для держави складуть 1 000 000 000 у.о./рік.

У випадку перепрофілювання підприємств імовірність одержання достатнього ступеня очищення води складе 0,2 і витрати на їхнє перепрофілювання складуть 300 000 у.о./рік.

При виборі другого варіанта можливі два випадки.

Модернізація очисних споруд із залученням закордонних інвестицій. При цьому ймовірність одержання достатнього ступеня очищення води складе 0,7, витрати складуть 80 000 тис. у.о./рік (з урахуванням різних виплат у майбутньому).

Модернізація очисних споруд із залученням вітчизняних інвесторів. При цьому ймовірність одержання достатнього ступеня очищення води складе 0,3, витрати складуть 40 000 тис. у.о./рік (з урахуванням різних виплат у майбутньому).

При виборі третього варіанта можливі два випадки.

Освоєння нових споруд із залученням закордонних інвестицій. При цьому ймовірність одержання достатнього ступеня очищення води складе 0,6, витрати складуть 200 000 тис. у.о./рік (з урахуванням різних виплат у майбутньому).

Освоєння нових споруд із залученням вітчизняних інвесторів. При цьому ймовірність одержання достатнього ступеня очищення води складе 0,4, витрати складуть 100 000 тис. у.о./рік (з урахуванням різних виплат у майбутньому).

Необхідно побудувати дерево рішень для розробки оптимальної стратегії очищення ріки Сіверський Донець в умовах ризику.

На рис. 23 наведено дерево рішень задачі "Розробка оптимальної стратегії очищення річки Сіверський Донець в умовах ризику".

На рис. 24 наведено політику пропозицій вибору задачі "Розробка оптимальної стратегії очищення річки Сіверський Донець в умовах ризику".

На рис. 25 наведено профіль ризику задачі "Розробка оптимальної стратегії очищення річки Сіверський Донець в умовах ризику".

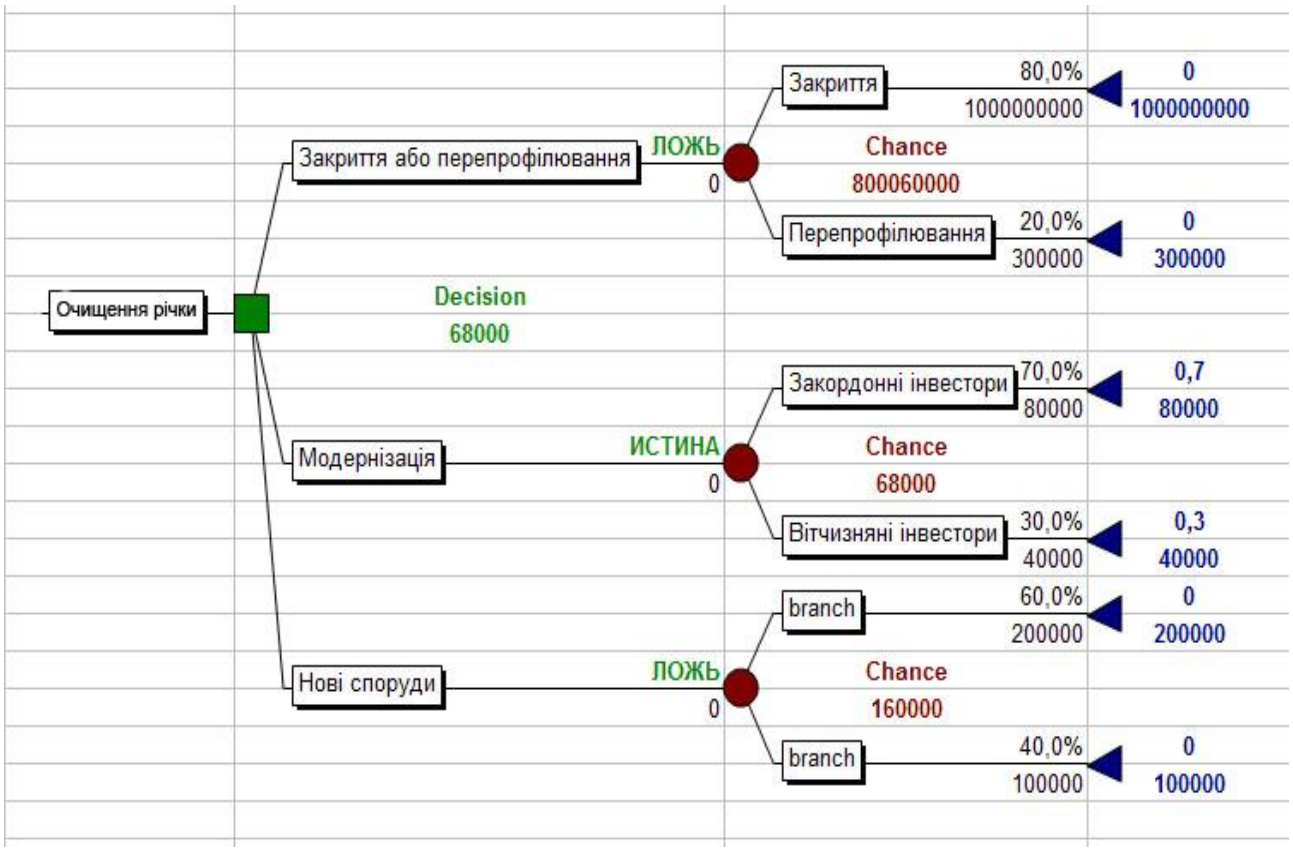


Рис. 23. **Дерево рішень задачі "Розробка оптимальної стратегії очищення річки Сіверський Донець в умовах ризику"**

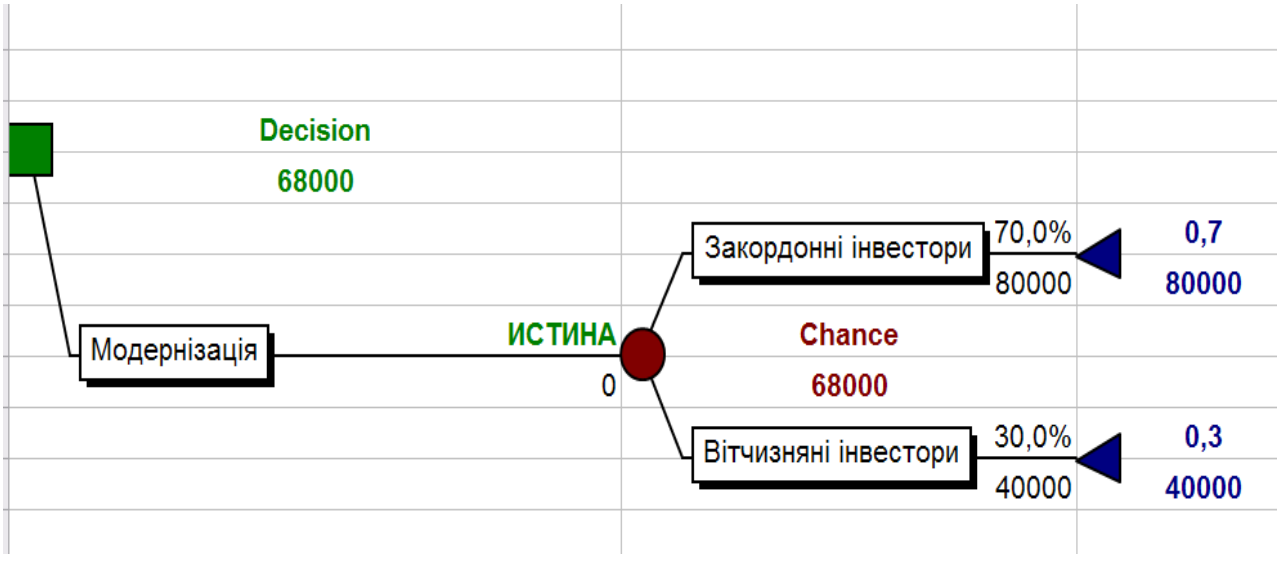


Рис. 24. **Політика пропозицій вибору Лист (Policy Suggestion) задачі**

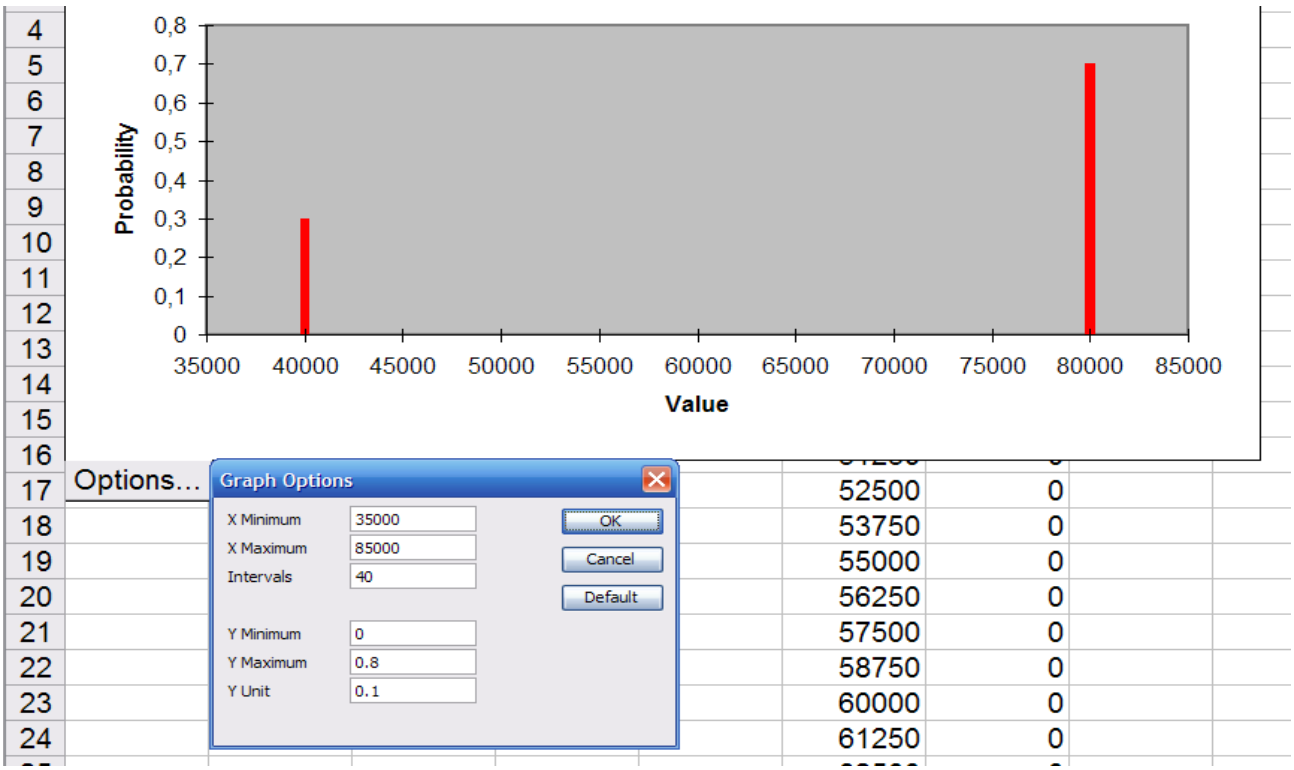


Рис. 25. **Профіль ризику для задачі**

4. Варіанти індивідуальних завдань для побудови дерева рішень

4.1. Розробка рекомендацій для керівництва корпорації – власника ділянки автомобільної дороги між двома містами – щодо оптимізації розміщення заправних станцій

Для керівництва корпорації – власника ділянки автомобільної дороги між двома містами – необхідно розробити рекомендації щодо оптимізації розміщення заправних станцій. Невідомо заздалегідь, якої марки бензин буде затребуваний у даній місцевості. Рекомендації повинні передбачити отримання максимального прибутку фірми.

Можливі наступні варіанти:

1. Розташування станцій на відстані 60 км одна від одної.
2. Розташування станцій на відстані 120 км одна від одної.

У першому випадку витрати на відновлення стану атмосферного повітря становлять 8 000 у.о./рік, у другому випадку – 10 000 у.о./рік.

У першому випадку ймовірність реалізації високооктанового бензину становить 0,4, прибуток від реалізації бензину складе 30 000 у.о./рік. Імовірність реалізації низькооктанового бензину становить 0,6, прибуток від реалізації бензину складе 60 000 у.о./рік.

Необхідно побудувати дерево рішень для оптимізації розміщення заправних станцій та навести результати аналізу рішення.

4.2. Розробка рекомендацій для керівництва компанії щодо оптимізації вибору виду транспорту для доставки швидкопсувних продуктів

Компанія вибирає вид транспорту для доставки швидкопсувних продуктів. При цьому втрати фірми повинні бути мінімальними.

Можливі наступні варіанти:

1. Доставка водним шляхом.
2. Доставка залізничним транспортом.
3. Доставка автомобільним транспортом.

У першому випадку витрати на перевезення продуктів становлять 2 000 у.о.

У другому випадку витрати на перевезення продуктів становлять 6 000 у.о.

У третьому випадку витрати на перевезення продуктів становлять 12 000 у.о.

У першому випадку з імовірністю 0,3 можливий варіант поганих погодних умов. У цьому випадку доставка не відбудеться й втрати фірми складуть 2 000 000 у.о.

Сприятливі погодні умови будуть мати місце з імовірністю 0,7. При цьому втрати складуть 0 у.о.

У другому випадку доставка відбудеться при будь-яких погодних умовах.

У третьому випадку з імовірністю 0,1 можливий варіант поганих погодних умов. У цьому випадку доставка не відбудеться й втрати фірми складуть 2 000 000 у.о.

Сприятливі погодні умови будуть мати місце з імовірністю 0,9. При цьому втрати складуть 0 у.о.

Необхідно побудувати дерево рішень для оптимізації вибору виду транспорту та навести результати аналізу рішення.

Рекомендована література

Андрейчиков А. В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

Богобоящий В. В. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник / В. В. Богобоящий, К. Р. Чурбанов, П. Б. Палій, В. М. Шмандій – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.

Вентцель Е. С. Исследование операций. – М.: Наука, 1980. – 364 с.

Кононова К. Ю. Системи підтримки прийняття рішень. Конспект лекцій. – Харків: ХНУ, 2006. – 50 с.

Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. – М.: ЛОГОС, 2000. – 296 с.

Лямец В. И. Системный анализ / В. И. Лямец, А. Д. Тевяшев. – Харьков: ХНУРЕ, 2004. – 448 с.

Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит. 1982. – 320 с.

Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

Джерела мережі Internet

Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" // Відомості Верховної Ради. – 1991. – №41. – http://www.infars.ru/listovki/ecolog/prizma.htm.

http://www.infars.ru/listovki/ecolog/prizma.htm.

http://gis.report.ru.

http://www.dataplus.ru.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні рекомендації
до виконання самостійної роботи
з навчальної дисципліни

"МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ"

для студентів спеціальності 8.080407
усіх форм навчання

Укладач **Павленко Лариса Андріївна**

Відповідальний за випуск **Пономаренко В. С.**

Редактор **Грицай І. М.**

Коректор **Бриль В. О.**

План 2009 р. Поз. №223.
Підп. до друку Формат 60 × 90 1/16. Папір MultiCopy. Друк Riso.
Ум.-друк. арк. 2,25. Обл.-вид. арк. 2,81. Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготівник — видавництво ХНЕУ, 61001, м. Харків, пр. Леніна, 9а

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
Дк №481 від 13.06.2001 р.

Методичні рекомендації
до виконання самостійної роботи
з навчальної дисципліни

"МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ"

для студентів спеціальності 8.080407
усіх форм навчання