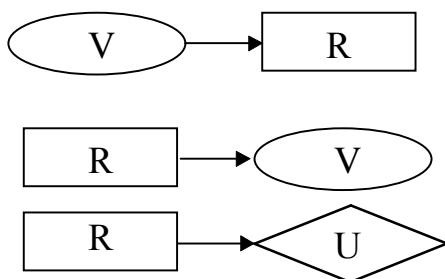


7. ДІАГРАМИ ВПЛИВУ

7.1. Призначення й основні компоненти діаграм впливу

Діаграми впливу використовуються для прийняття рішень. Фактично діаграми впливу - це байєсовські мережі довіри розширені поняттями корисності (utility) і рішення (decisions). Якщо байєсовські мережі довіри містили тільки один тип вершин, які ми назвемо вершинами шансів, і які відповідали стану випадкових змінних, то в діаграмах впливу використовуються ще, як мінімум, два типи вершин: вершини рішення, що позначаються в діаграмах впливу прямокутниками й вершини користі, які позначаються в діаграмах впливу у вигляді ромба.

Вершини рішення, а точніше сказати вказівки, що містяться в них, обумовлюють тимчасове старшинство:



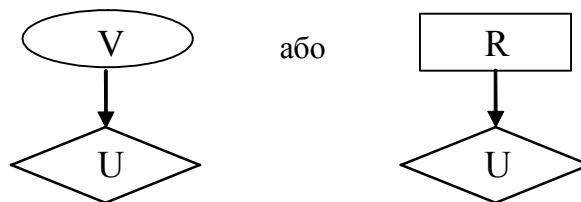
- стрілка від випадкової змінної (вершини шансів) до змінного рішення (вершини рішення) вказує, що значення випадкової змінної відомо на момент ухвалення рішення;
- стрілка від змінної рішення до якої-небудь іншої змінної вказує час, упорядкований рішенням.

При цьому мережа повинна залишатися ациклічною і повинен існувати безпосередній шлях, що містить всі

вершини рішення в мережі.

У процесі ухвалення рішення важливо не просто знайти рішення, а знайти рішення найкраще в якомусь значенні. Із цією метою в діаграмах впливу «вершини користі» зв'язуються зі станом мережі.

Кожна вершина користі містить функцію користі, що зв'язує кожну конфігурацію стану її батьків з користістю. Вершини користі не мають спадкоємців (а, отже, стрілка може бути спрямована тільки до них), тобто



Приймаючи рішення ми виходимо з ймовірності конфігурації мережі. Тому можна обчислити очікувану користість кожної альтернативи й вибрати альтернативу з найбільшою очікуваною користістю. Це *принцип максимальної очікуваної користі*. Діаграма впливу може містити кілька вершин користі. При цьому загальна функція користі являє собою суму всіх локальних функцій користі.

$$F(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^k f_i(x_1, \dots, x_n)$$

Процес ухвалення рішення з використанням діаграм впливу буде здійснюватися в наступному порядку:

- після спостереження значень змінних, які є батьками першої вершини рішення ми хочемо знати максимальну користість для альтернатив;

- ЕС обчислить ці корисності в припущенні, що всі майбутні рішення будуть зроблені оптимально, використовуючи всі наявні свідчення в момент кожного рішення.

7.2. Приклад побудови найпростішої діаграми впливу

Повернемося до раніше розглянутого прикладу із плантацією «яблучного Джека».

Оцінивши раніше стан свого дерева, Джек ставить перед собою ціль ухвалення рішення про інвестування матеріальних засобів у лікування дерева.

Для рішення цієї задачі додамо до вихідної байєсовської мережі довіри ще три вершини шансів, повністю аналогічних тим, що вже були в байєсовській мережі довіри. Нові вершини: “Хворіє1”, “Засохло1” й “Облетіло1” є точно такими ж як й їхні аналоги в попередній моделі, але тільки відображають майбутній момент часу (момент збору врожаю).

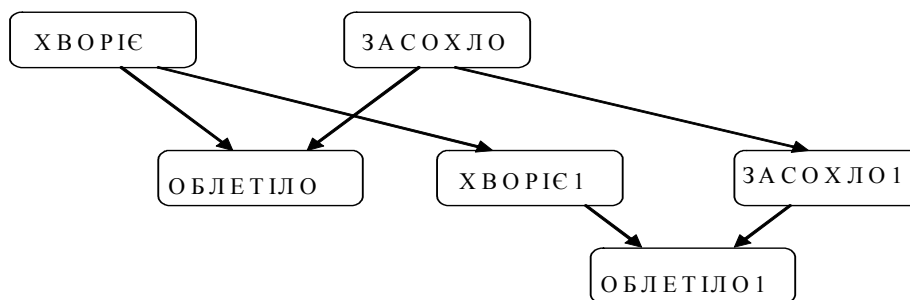


Рис.7.1. Розширена модель БМД на момент збирання врожаю.

Нові вершини мають ті ж стани, що й старі. У новій моделі очікуються залежності від “Хворіє” до “Хворіє1” і від “Засохло” до “Засохло1”. Це пов'язане з тим, що якщо дерево хворіє зараз, дуже імовірно, що воно буде хворіти й у майбутньому.

Звичайно, сила залежності залежить від того, як далеко в майбутнє ми хочемо заглянути. Можна було б установити залежність і від “Облетіло” до “Облетіло1”, але в даній моделі, для її спрощення, ми цього робити не будемо. «Яблучний Джек» має можливість зробити що-небудь для рішення проблеми обпадання листя зі своїх плодівих дерев й, тим самим, зберегти врожай:

- Він може спробувати лікувати дерево, проводячи його обприскування, щоб позбавити від хвороби.
- З іншого боку, якщо він вважає, що обпадання листя викликане посухою, він може зберегти свої гроші й просто чекати дощу.

Дії, пов'язані з лікуванням дерева, можуть бути додані в нашу модель у вигляді вершини рішення й при цьому ми від байєсовської мережі довіри переходимо до діаграми впливу, що буде мати вигляд:

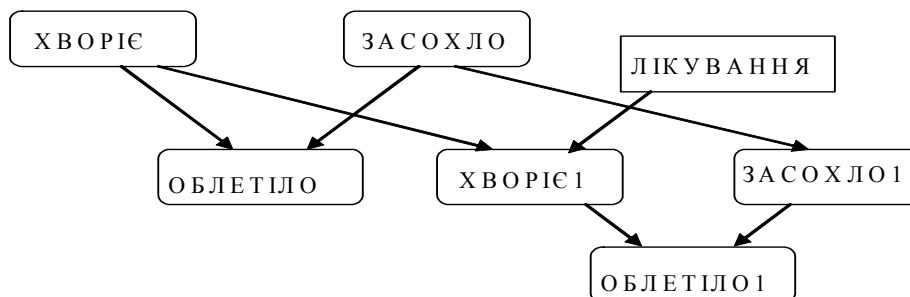


Рис.7.2. Перетворення БМД у діаграму впливу додаванням у неї вершини рішення.

При цьому випадкова змінна рішення, що відповідає вершині “Лікування” може мати два стани (“Лікування” = «так», “Лікування” = «ні»). Як видно з мал. 7.2, діаграма впливу змодельована зі стрілкою від “Лікування” до “Хворіє1”. Це викликано тим, що лікування вплине на майбутнє здоров'я дерева.

Перед тим як завершити діаграму впливу, необхідно визначити функцію корисності, що дозволяє обчислити користь від ухвалення рішення. Це робиться додаванням до діаграми впливу вершин корисності, кожна з яких визначає внесок у загальну вигідність. При цьому змінена діаграма впливу прийме вид, наведений на мал.7.3.

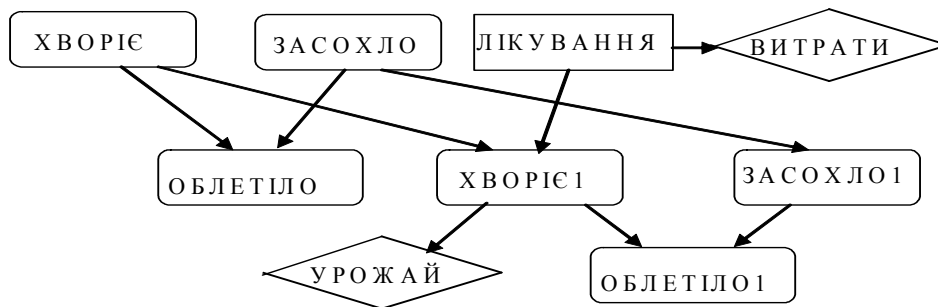


Рис.7.3. Діаграма впливу з доданими вершинами корисності.

Вершина “Витрати” містить інформацію про витрати на лікування дерев, а вершина “Урожай” являє собою прибутки, отримані від збору врожаю. При цьому природно, що кількість й якість урожаю залежить від стану дерев. Тому вершина “Урожай” залежить від стану вершини «Хворіє1», вказуючи, що продукція залежить від здоров'я дерева в момент збору врожаю.

Модель, представлена на мал.7.3, дає закінчене якісне представлення діаграми впливу. Для одержання кількісного представлення необхідно побудувати таблицю умовних ймовірностей для кожної з вершин шансів і задати таблиці прибутковості для кожної з вершин корисності. Вершини ухвалення рішення не мають таблиць умовних ймовірностей.

При цьому таблиці умовних ймовірностей для $p(\text{“Хворіє”})$, $p(\text{“Засохло”})$ і $p(\text{“Облетіло”} | \text{“Хворіє”}, \text{“Засохло”})$, будуть мати той же вигляд, що й у прикладі попередньої теми. Таблиця ж умовних ймовірностей для $p(\text{“Облетіло1”} | \text{“Хворіє1”}, \text{“Засохло1”})$, буде аналогічна $p(\text{“Облетіло”} | \text{“Хворіє”}, \text{“Засохло”})$.

Таблиці умовних ймовірностей для всіх інших станів повинні бути отримані з аналізу предметної області й виявлення знань від експертів. Для розглянутого приклада вони можуть мати вигляд аналогічний, наведеному у табл. 7.1, 7.2, 7.3.

Таблиця 7.1

Таблиця умовних ймовірностей $p(\text{“Хворіє1”} | \text{“Хворіє”}, \text{“Лікування”})$

| | “Лікування” = «так» | | “Лікування” = «ні» | |
|-------------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | “Хворіє” = «хворіє» | “Хворіє” = «ні» | “Хворіє” = «хворіє» | “Хворіє” = «ні» |
| “Хворіє1” = «так» | 0,20 | 0,01 | 0,99 | 0,02 |
| “Хворіє1” = «ні» | 0,80 | 0,99 | 0,01 | 0,98 |

Таблиця 7.2

Таблиця умовних імовірностей $p(\text{“Засохло1”} | \text{“Засохло”})$

| | “Засохло” = «засохло» | “Засохло” = «ні» |
|--------------------|-----------------------|------------------|
| “Засохло1” = «так» | 0,60 | 0,05 |
| “Засохло1” = «ні» | 0,40 | 0,95 |

Наступні таблиці показують як можуть бути визначені для розглянутого випадку таблиці вигідності. У них функції корисності подаються у вигляді вартісних показників і задаються в тих самих умовних одиницях.

Таблиця 7.3

Таблиці прибутковості для вершин корисності

| U(“Урожай”) | | U(“Витрати”) | |
|-------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| “Хворіє1” = «так» | “Хворіє1” = «ні» | “Лікування” = «так» | “Лікування” = «ні» |
| 3000 | 20000 | | |

Мета діаграми впливу – обчислити дію, пов'язану з вершиною “Лікування” для того, щоб отримати найбільшу очікувану вигідність. Навіть у такому простому прикладі ручний розрахунок доволі складний і тому виникає необхідність роботи з ЕС, такою, наприклад, як “Nugin”. Відповіддю для ухвалення рішення про інвестування лікування буде обчислення загальної функції корисності за умови, що $p(\text{“Облетіло”} = \text{«облетіло»}) = 1$.

7.3. Діаграми впливу з декількома вершинами рішення

Складність побудови й дослідження діаграм впливу більшою мірою визначається не кількістю вершин шансів, а складністю їх взаємозв'язків як між собою, так і , взаємозв'язками з вершинами рішення й корисності.

Розглянемо приклад з невеликим числом змінних (вершин), але з досить складною взаємодією між ними. Діаграма впливу моделююча процес ухвалення рішення про буріння нафтової свердловини буде мати вигляд:

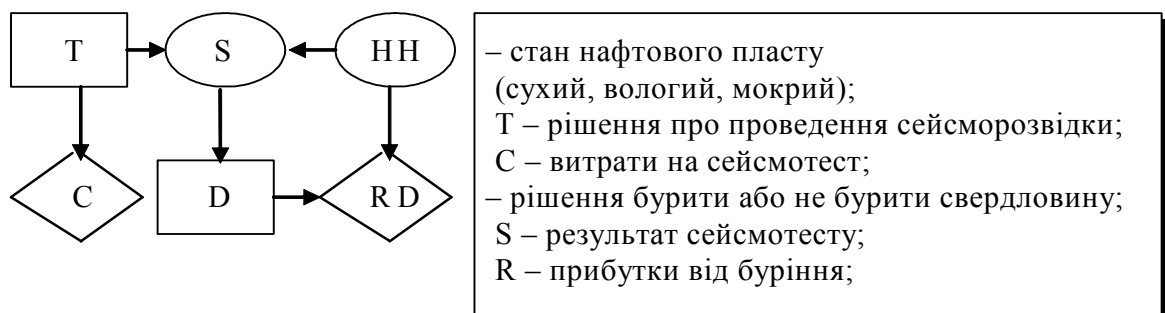


Рис.7.4. Діаграма впливу для ухвалення рішення про буріння нафтової свердловини

Нафтовики повинні ухвалити рішення щодо буріння свердловини. Попередня експертиза геологів виявила наступний розподіл імовірності стану нафтового шару: $P(H = \text{«сухе»}) = 0,5$; $P(H = \text{«вологе»}) = 0,3$; $P(H = \text{«мокре»}) = 0,2$.

Однак рішення про буріння може бути більше точним, якщо попередньо провести додаткову сейсмозвідку, на яку слід витратити 10 000€. Її результатом буде геологічна структура ділянки: **закрита** (гарні запаси нафти), **відкрита** (середні запаси), **відсутність** (малі запаси нафти).

Розвідана структура, поряд зі станом нафтового шару визначає умовні ймовірності для результатів сейсмічного тесту за рішенням про буріння свердловини:

Таблиця 7.4

Таблиця умовних ймовірностей $p(S | H, T)$

| | T = «тест_проведений» | | | T = «ні» |
|--------------|-----------------------|-------------|------------|------------|
| | H=«сухий» | H=«вологий» | H=«мокрый» | При всіх H |
| S=«закрита» | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,33 |
| S=«відкрита» | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,33 |
| S=«ні» | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 0,33 |

Вартість буріння 70000€. Якщо приймається рішення про буріння очікуваний прибуток (тобто вартість знайденої нафти мінус ціна буріння) буде:

Таблиця 7.5

Таблиця вигідності для вершин корисності R

| | D = «бурити» | | | D = «не бурити» |
|-------------|--------------|-------------|------------|-----------------|
| | H=«сухий» | H=«вологий» | H=«мокрый» | При всіх H |
| U(R)=f(H,D) | -70000 | 50000 | 200000 | 0 |

На основі наведених даних і діаграми впливу рис. 7.4, ЕС обчислить корисність, пов'язану із сейморозвідкою - 225000€ і корисність її не здійснення - 200000€. У такий спосіб оптимальною стратегією є: проведення розвідки, а потім рішення бурити чи ні на основі отриманих сейсмотестів.