

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

Тема. Моделювання небезпечних подій та оцінювання рівня ризику.

Мета. Освоїти метод побудови логіко-імітаційних моделей небезпечних подій на прикладі дорожньо-транспортної події.

Завдання. На прикладі моделі дорожньо-транспортної пригоди, описаної нижче (див. рис. 1), розрахувати ймовірність настання небезпечної події на заданому маршруті за відомими ймовірностями настання умов, за яких виникають небезпечні події. За одержаними результатами встановити найімовірніше місце дорожньо-транспортної пригоди та причини, які спричинили цю небезпечну подію, та обґрунтувати заходи щодо зменшення ймовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод. Варіанти завдань наведено в табл. 1

Таблиця 1

Варіанти завдань для розрахунку ймовірності настання дорожньо-транспортної пригоди
(небезпечної події 18)

Номер варіанта	Ймовірності настання умов виникнення небезпечної події							
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
1	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
2	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
3	10^{-5}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
4	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
5	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
6	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
7	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-7}	10^{-7}
8	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
9	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-6}
10	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
11	10^{-5}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
12	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
13	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
14	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-7}	10^{-7}
15	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-7}
16	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-6}
17	10^{-4}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
18	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
19	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-6}
20	10^{-4}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
21	10^{-5}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}
22	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-7}	10^{-7}
23	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-7}
24	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-6}
25	10^{-4}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-6}
26	10^{-5}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-8}
27	10^{-6}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-8}	10^{-7}
28	10^{-5}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-6}
29	10^{-6}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-7}
30	10^{-5}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-8}

Теоретичні відомості.

Серед основних завдань єдиної державної системи цивільного захисту є реалізація цільових державних програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям шляхом опрацювання інформації про надзвичайні ситуації та прогнозування і оцінювання соціально-економічних наслідків. Запровадження європейських стандартів безпечної життєдіяльності передбачає державне регулювання з питань забезпечення техногенної безпеки на основі ризик-орієнтованого підходу до визначення джерел виникнення надзвичайних ситуацій, їхнього моніторингу та прогнозування. Основними завданнями ризик-орієнтованого підходу є обґрунтування наукових основ надійності складних технічних систем для безпеки людей і довкілля, розроблення методів оцінювання ступеня небезпеки природних і технічних об'єктів та наукових засад концепції прийнятного ризику. Ризик-орієнтований підхід передбачає, що будь-які небезпеки (у виробничій сфері, у повсякденному житті й побуті), незважаючи на їхнє різноманіття, мають однакові природу виникнення та логіку розвитку подій і їх розглядають як сукупність багатofакторних подій, розподілених в просторі і часі.

Згідно концепції допустимої безпеки абсолютна безпека не може бути гарантована жодному живому індивідууму, незалежно від його способу життя. На сучасному етапі розвитку суспільства найефективнішим є управління ризиками, яке ґрунтується на досягненні певного рівня безпеки, балансу вигод та витрат у межах окремого суб'єкта господарювання, території і держави загалом. Оскільки досягнути абсолютної безпеки неможливо, то прийнято два головні нормативні показники рівнів ризику:

- мінімальний ризик, який не перевищує величину $1 \cdot 10^{-8}$ рік⁻¹;
- граничнодопустимий ризик, який дорівнює $1 \cdot 10^{-5}$ рік⁻¹.

На сьогоднішній день ризик, який відповідає мініимальному ризику, тобто є меншим або дорівнює $1 \cdot 10^{-8}$ рік⁻¹, розглядають як абсолютно прийнятний ризик, що не вимагає жодних заходів із підвищення рівня безпеки. Ризик, величини якого перевищують граничнодопустимий ризик $1 \cdot 10^{-5}$ рік⁻¹, вважають абсолютно неприйнятним за жодних умов життєдіяльності людини.

Ризик у межах від $1 \cdot 10^{-8}$ рік⁻¹ до $1 \cdot 10^{-5}$ рік⁻¹ вважають прийнятним і на засадах наукового нормування рівнів ризиків із врахуванням соціально-економічних можливостей держави, природно-ресурсного потенціалу країни, особливостей видів виробничої діяльності та інших чинників, що пов'язані із експлуатацією потенційно-небезпечних об'єктів і впливають на величину ризику, встановлюють для кожної галузі економіки, виду небезпечної виробничої діяльності, типу об'єкта господарювання, окремої території свої нормативні рівні ризику. На підставі цих нормативних рівнів ризику можна обґрунтувати рівень ризику для населення країни загалом.

Будь-яка потенційна небезпека має свій логічний процес розвитку і реалізується за певних умов. Сукупність умов, за яких виникає можливість негативного впливу на людину й довкілля шкідливих та небезпечних чинників, зумовлюють небезпечну подію. Ці умови часто називають *причинами небезпечних ситуацій*. Небезпечна подія може мати як сприятливі, так і несприятливі (небажані) наслідки для життя людини.

Моделювання і прогнозування небезпек на практиці проходить у три стадії.

На першій стадії визначають матеріальні носії небезпек, тобто небезпечні та шкідливі чинники і умови, за яких вони можуть призвести до небажаних наслідків.

На другій стадії визначають головну небезпечну подію і послідовність інших

небезпечних подій та умов, які їй передують. На цій стадії будують логічну схему розвитку небезпеки у вигляді дерева небезпечних подій та причин. Для побудови таких схем використовують певні позначення, показані на рис. 1.

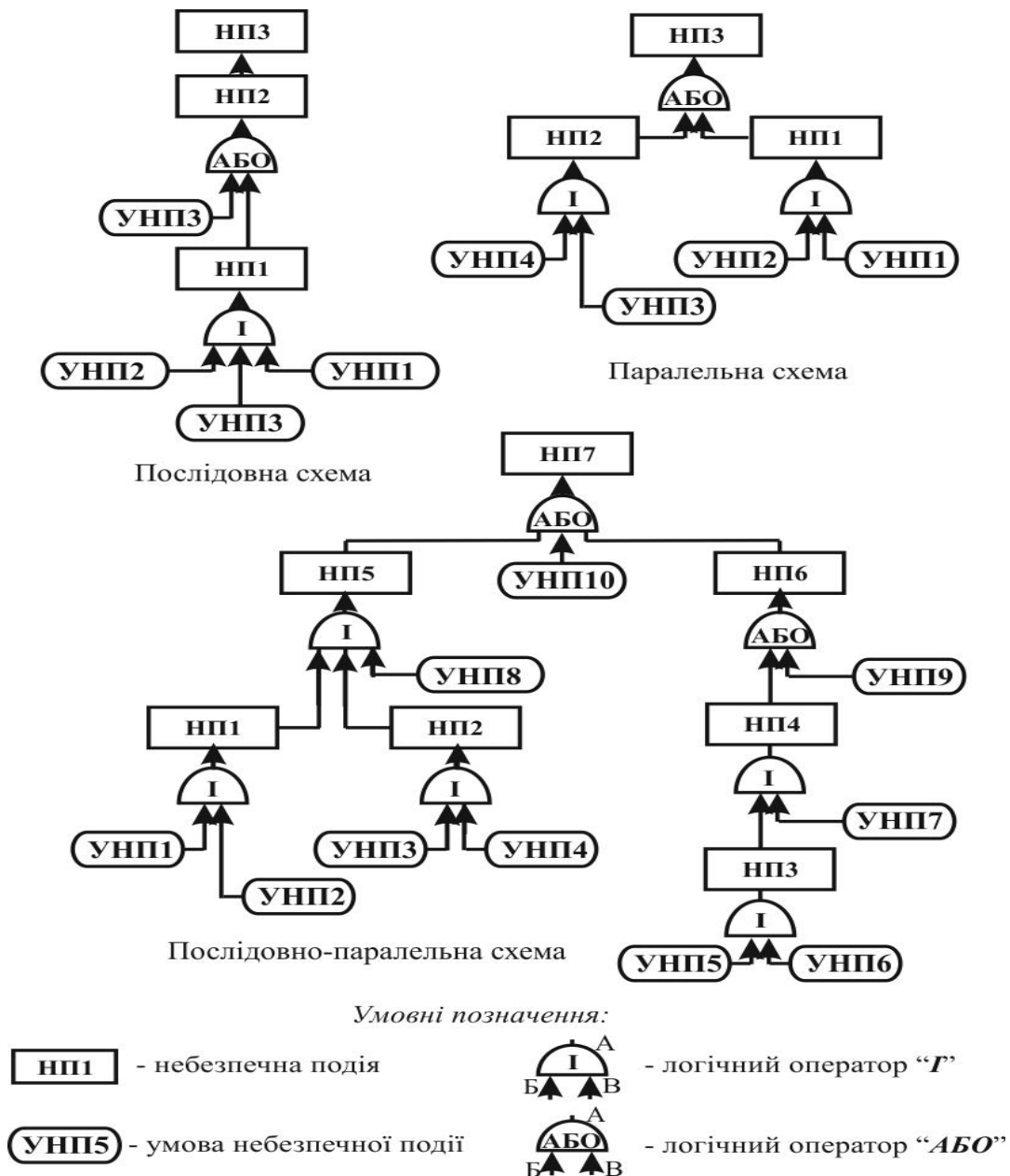


Рис. 1. Типові схеми розвитку небезпечних подій та умовні позначення, які використовують під час їхньої побудови.

Небезпечні події можуть відбуватися послідовно одна за одною, паралельно (одночасно) одна одній, а найчастіше – за змішаною послідовно-паралельною схемою. Для відображення схем реалізації небезпечних подій використовують логічні оператори “І” та “АБО”.

Оскільки всі події та умови їхнього виникнення є випадковими, то для розрахунку ймовірності їхнього настання використовують знання з теорії ймовірності та булевої алгебри.

Логічний оператор “ \cap ” показує, що подія A відбудеться, якщо одночасно відбудуться всі події, які їй передують, тобто і B і C . Ймовірність настання такої події встановлюють згідно з теорією ймовірності за формулою:

$$P_A = P_B \cdot P_C,$$

де P_A , P_B і P_C – ймовірності настання подій A , B і C , відповідно.

Логічний оператор “ \cup ” показує, що подія A відбудеться, якщо відбудеться одна із подій, яка їй передує, тобто або B або C . Ймовірність настання цієї події встановлюють згідно з теорією ймовірності за формулою:

$$P_A = P_B + P_C - P_B \cdot P_C.$$

Послідовно визначаючи ймовірності небезпечних подій за логічною схемою, встановлюють ймовірність виникнення головної небезпечної події. Побудова моделі починається із визначення головної події і продовжується пошуком всіх комбінацій подій, які можуть призвести до настання головної події.

На третій стадії аналізують можливі небажані наслідки і визначають можливі шляхи зменшення їхнього негативного впливу. В основу такого аналізу покладено методику порівняння затрат, спрямованих на відвернення небезпек (зменшення ризику), і вигод, здобутих від зниження рівня ризику. Управління безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу потребує не лише розроблення наукових засад та інформаційних технологій, а й відповідальності громадян, бо ефективне функціонування системи запобігання надзвичайним ситуаціям природного й техногенного характеру можливе лише за умови тісної та плідної взаємодії у трикутнику «громадянин – суспільство – держава».

Хід виконання.

Як приклад моделювання і прогнозування небезпечних ситуацій наводимо побудову моделі дорожньо-транспортної пригоди під час руху пішохода за заданим маршрутом, який подано на рис. 2. Подібним маршрутом, під час якого необхідно пройти два перехрестя: нерегульоване (НП) і регульоване (РП), більшість з нас проходить щодня.

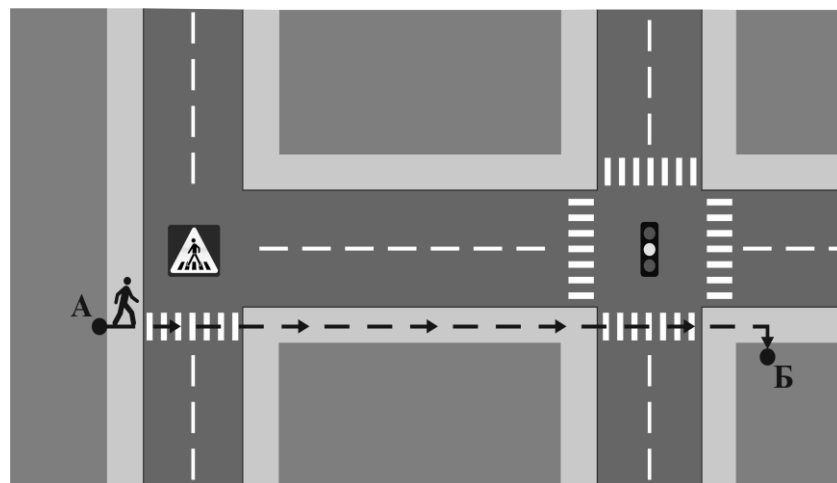


Рис. 2. Схема маршруту переміщення пішохода.

Модель побудована для випадку, коли простежується безперервний потік автомобілів чи пішоходів, і відповідає умовам години пік у великих містах, тобто проектує найнебезпечнішу ситуацію. Її схема подана на рис.3.

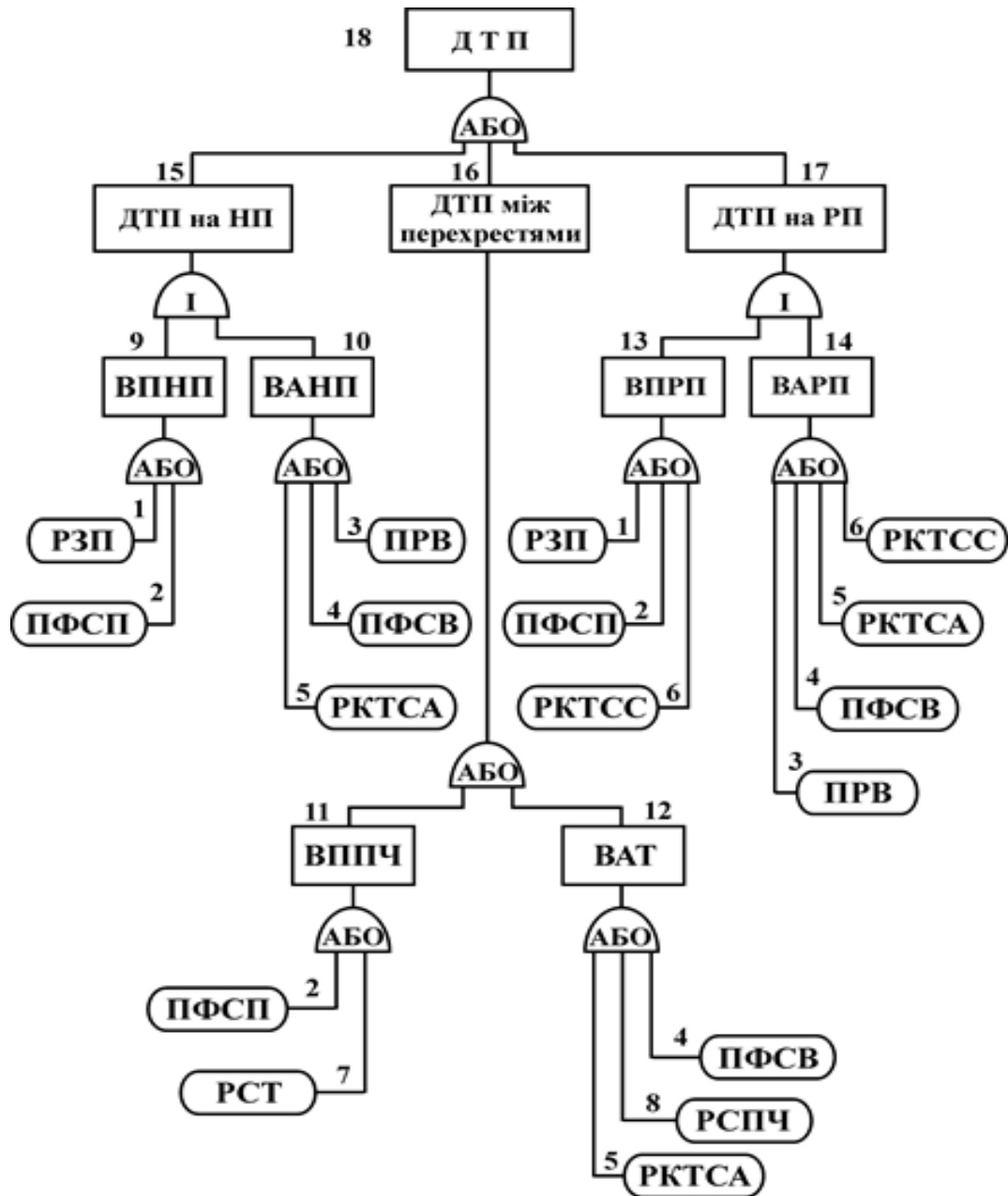


Рис. 3. Логіко-імітаційна модель дорожньо-транспортної пригоди (дерево подій і причин).

Виникнення небезпечних подій у цій моделі визначають вісім умов (вони пронумеровані згідно з позначеннями на рис. 3), а саме:

- 1 – рівень знань пішохода (РЗП);
- 2 – психофізіологічний стан пішохода (ПФСП);
- 3 – професійний рівень водія (ПРВ);
- 4 – психофізіологічний стан водія (ПФСВ);
- 5 – рівень контролю за технічним станом автомобіля (РКТСА);
- 6 – рівень контролю за технічним станом світлофора (РКТСС);
- 7 – рівень стану тротуару (РСТ);
- 8 – рівень стану проїзної частини (РСПЧ).

Настання наведених умов може спричинити виникнення однієї із десяти небезпечних подій (вони пронумеровані згідно з позначеннями на рис. 3), а саме:

- 9 – вихід пішохода на нерегульоване перехрестя без упевненості у відсутності небезпеки для себе та інших учасників руху (ВПНП);
- 10 – виїзд автомобіля на нерегульоване перехрестя без зменшення швидкості (ВАНП);
- 11 – вихід пішохода на проїзну частину вулиці між перехрестями (ВППЧ);
- 12 – виїзд автомобіля на тротуар між перехрестями (ВАТ);
- 13 – вихід пішохода на регульоване перехрестя (ВППП);
- 14 – виїзд автомобіля на регульоване перехрестя (ВАРП);
- 15 – дорожньо-транспортна пригода на нерегульованому перехресті (ДТП на НП);
- 16 – дорожньо-транспортна пригода між перехрестями (ДТП між перехрестями);
- 17 – дорожньо-транспортна пригода на регульованому перехресті (ДТП на РП);
- 18 – дорожньо-транспортна пригода (ДТП), головна небезпечна подія.

Ймовірності настання умов 1–8, за яких виникають небезпечні події, визначають емпірично або оцінюють статистичними методами. Ймовірності небезпечних подій 9–18 розраховують за формулами відповідно до схеми реалізації подій та настання умов, а саме:

$$P_9 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2,$$

$$P_{10} = P_3 + P_4 + P_5 - (P_3 \cdot P_4 + P_3 \cdot P_5 + P_4 \cdot P_5) + P_3 \cdot P_4 \cdot P_5,$$

$$P_{11} = P_2 + P_7 - P_2 \cdot P_7,$$

$$P_{12} = P_4 + P_8 + P_5 - (P_4 \cdot P_8 + P_5 \cdot P_4 + P_5 \cdot P_8) + P_4 \cdot P_5 \cdot P_8,$$

$$P_{13} = P_1 + P_2 + P_6 - (P_1 \cdot P_2 + P_1 \cdot P_6 + P_2 \cdot P_6) + P_1 \cdot P_2 \cdot P_6,$$

$$P_{14} = P_3 + P_4 + P_5 + P_6 - (P_3 P_4 + P_3 P_5 + P_3 P_6 + P_4 P_5 + P_4 P_6 + P_5 P_6) - \\ - P_3 P_4 P_5 + P_3 P_5 P_6 + P_4 P_5 P_6 + P_3 P_4 P_6 - P_3 P_4 P_5 P_6$$

$$P_{15} = P_9 \cdot P_{10},$$

$$P_{16} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12},$$

$$P_{17} = P_{13} \cdot P_{14},$$

$$P_{18} = P_{15} + P_{16} + P_{17} - (P_{15} P_{16} + P_{15} P_{17} + P_{16} P_{17}) + P_{15} P_{16} P_{17}.$$

Приклад розрахунку.

Розрахувати ймовірність дорожньо-транспортної пригоди на заданому маршруті за відомими ймовірностями настання умов, за яких виникають небезпечні події.

Вихідні умови:	Для спрощення розрахунків використаємо тільки одинарні доданки, нехтуючи подвійні та потрійні добутки ймовірностей.
$P_1 = 10^{-6}$,	$P_9 = P_1 + P_2 = 10^{-6} + 10^{-5} = 10^{-5} \times (10^{-1} + 1) = 1,1 \times 10^{-5}$
$P_2 = 10^{-5}$,	$P_{10} = P_3 + P_4 + P_5 = 10^{-5} + 10^{-4} + 10^{-4} =$
$P_3 = 10^{-5}$,	$= 10^{-4} (10^{-1} + 1 + 1) = 2,1 \times 10^{-4}$
$P_4 = 10^{-4}$,	$P_{11} = P_2 + P_7 = 10^{-5} + 10^{-8} = 10^{-5} (1 + 10^{-3}) = 1,001 \times 10^{-5}$
$P_5 = 10^{-4}$,	$P_{12} = P_4 + P_8 + P_5 = 10^{-4} + 10^{-8} + 10^{-4} = 10^{-4} (1 + 10^{-4} + 1) =$
$P_6 = 10^{-4}$,	$= 1,001 \times 10^{-4}$
$P_7 = 10^{-8}$,	$P_{13} = P_1 + P_2 + P_6 = 10^{-6} + 10^{-5} + 10^{-4} =$
$P_8 = 10^{-8}$	$= 10^{-4} \times (10^{-2} + 10^{-1} + 1) = 1,11 \times 10^{-4}$
Знайти:	$P_{14} = P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 10^{-5} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-4} =$
$P_{18} - ?$	$= 10^{-4} (10^{-1} + 1 + 1 + 1) = 3,1 \times 10^{-4}$
	$P_{15} = P_9 \cdot P_{10} = 1,1 \times 10^{-5} \cdot 2,1 \times 10^{-4} = 2,31 \times 10^{-9}$
	$P_{16} = P_{11} + P_{12} = 1,001 \times 10^{-5} + 1,001 \times 10^{-4} = 1,1011 \times 10^{-4}$
	$P_{17} = P_{13} \cdot P_{14} = 1,11 \times 10^{-4} \cdot 3,1 \times 10^{-4} = 3,441 \times 10^{-8}$
	$P_{18} = P_{15} + P_{16} + P_{17} = 2,31 \times 10^{-9} + 1,1011 \times 10^{-4} +$
	$+ 3,441 \times 10^{-8} = 1,011 \times 10^{-4}$

За одержаними результатами встановлено, що найімовірніше ДТП відбудеться між перехрестями через виїзд автомобіля на тротуар. Основними причинами виникнення ДТП були незадовільний психофізіологічний стан водія та технічний стан автомобіля. Як заходи можна відзначити: контроль за станом власного здоров'я та щоденна перевірка технічного стану автомобіля щодо справності основних систем.

Питання для самостійного опрацювання:

1. Концепція допустимого ризику і ризик-орієнтований підхід до підвищення рівня безпеки.
2. Теоретичні основи моделювання небезпечних подій.
3. Рівень безпеки на автомобільних шляхах України.