Лекція 5
Прийняття рішень в умовах невизначеності.

Метою лекції є засвоювання методів рішення задач з невизначеністю, вміння визначати вплив випадкових факторів на виробничі процеси сільського господарства та використовувати сітьове планування механізованих робіт

План лекції

1 Невизначеність і ризик у прийнятті інженерних рішень

2 Методи вирішення задач з невизначеністю

3 Методи вибору раціональних рішень за декількома критеріями. Сітьове планування механізованих робіт з урахуванням невизначеності умов.

Опис питань

1 Невизначеність і ризик у прийнятті інженерних рішень

Сільськогосподарські виробничі та технічні системи діють у нестабільних умовах, перебувають під впливом значної кількості факторів імовірносної природи. Так, умови роботи ґрунтообробних машин змінюються від 2-х до 6-ти раз на місяць, а зернозбиральних — від 3-х до 5-ти за декаду. Крім природно-виробничих умов, на показники машиновикористання впливають характеристики надійності та технічного стану машин, організація і управління ходом робіт, які також знаходяться під впливом випадкових факторів. Все це спричиняє певну *невизначеність умов*. Практично всі задачі проектування і планування в сільському господарстві тією чи іншою мірою пов'язані з невизначеністю.

Цільова функція *F(x)* при наявності невизначеності умов буде залежати від трьох груп факторів:

заданих і стабільних (а);

керованих *(x),* оптимальне поєднання значень яких відповідає оптимальному рішенню;

невідомих (є), які можуть істотно вплинути на результати рішення.

Невизначеність в інженерних задачах може мати різну природу. Якщо фактори є є випадковими величинами, то такі задачі називають *стохастичними,* а притаманну їм невизначеність — *стохастичною невизначеністю.*

Наприклад, проектується нафтогосподарство з колонками для заправки техніки паливом і мастильними матеріалами. Інтенсивність споживання палива, поставки нафтопродуктів, тривалість обслуговування одного технічного засобу значною мірою залежать від випадкових факторів. Імовірнісні характеристики їх можуть бути встановлені шляхом аналізу статистичних даних, побудови законів розподілу ймовірностей.

При обгрунтуванні рішення стохастичну невизначеність ■ можна усунути заміною випадкових факторів є їх математичним сподіванням *M(e)*

або середнім значенням є, тобто вони переводяться в множину відомих факторів а і задача розв'язується як детермінована. Проте така заміна допустима лише у випадках, коли процес, що оптимізується, повторюється багатократно, або розмах варіювання фактору (середньоквадратичне відхилення) є невеликим. Зокрема, в наведеному вище прикладі видача нафтопродуктів здійснюється протягом строку експлуатації нафтогосподарства з великим числом повторностей. При цьому менше значення є, у порівнянні з математичним сподіванням *М(г)* в одному конкретному випадку компенсується більшим в іншому (наприклад, тривалість заправки техніки паливом).

Нерідко приходиться приймати рішення коли процеси є одноразовими або з невеликою кількістю повторностей.

Наприклад, збиральна кампанія планується раз на рік, і втрати врожаю внаслідок орієнтації на середні значення випадкових факторів при несприятливих умовах будуть значними і незворотними.

У таких випадках ставиться додаткова умова, яка зобов'язує отримати певний гарантований результат із заданою ймовірністю. Так, при максимізації цільової функції (6.1) можна поставити вимогу, щоб функція *F{x)* була не менше заданого результату *R* з імовірністю не меншою від встановленої величини р. Тобто:

$$p[\ F(x) \geq R\ ] > \beta. \qquad (6.2)$$

Вимоги типу (6.2) називають *стохастичними обмеженнями,* їх наявність дуже ускладнює вирішення оптимізацій-них задач.

Поширеним прийомом забезпечення гарантованих результатів є обгрунтоване підвищення потенційних функціональних і ресурсних можливостей системи (створення резервів). Так, вища від необхідної величини пропускна здатність технологічної лінії може створити резерв часу, який компенсує непередбачені зупинки лінії і забезпечить своєчасне виконання робіт. Можна формувати запас технічних засобів, матеріально-енергетичних і трудових ресурсів тощо. Проте варто пам'ятати, що резервування пов'язане з додатковими грошовими витратами. Тому нерідко обгрунтування раціонального запасу є самостійною інженерно-економічною задачею.

Прогресивними є *адаптивні стратегії* досягнення мети, при яких передбачається можливість зміни значень окремих керованих факторів *x* на певних етапах здійснення виробничих процесів залежно від конкретної ситуації. Такі стратегії дозволяють впровадити *гнучкі механізовані процеси* з високим рівнем пристосованості до умов.

Однією з поширених причин невизначеності є незнання умов на момент прийняття рішень.

При цьому важливі такі варіанти:

невідомі фактори є є випадковими величинами, але статистичні дані та закон розподілу ймовірностей на момент прийняття рішення не можуть бути встановленими;

невідомі фактори не є випадковими величинами і їх оцінка не може бути вираженою імовірнісними характеристиками.

У першому випадку доцільно застосовувати адаптивні стратегії, а в міру накопичення досвіду і статистичних даних вдосконалювати систему шляхом зміни значень керованих факторів *x,* що були наперед обгрунтовані для адаптації системи.

У другому випадку невизначеність умов може бути пов'язана з *протидією суперника.* При цьому протидія може бути *цілеспрямованою,* якщо сторони мають протилежні цілі. Наприклад, оптимізація виграшу однієї сторони за рахунок програшу іншої. Можуть бути також задачі, в яких протидія не носить *свідомо* цілеспрямованого характеру (протидія природи).

Задачі такого типу вирішуються методами *теорії статистичних рішень та ігор.* При цьому має значення не лише вміння ОПР застосовувати певні методи і процедури обгрунтування рішень, але і її схильність до ризику, здатність оцінити поведінку суперника, використати психологічні фактори. Методи теорії ігор дають можливість обгрунтувати оптимальні стратегії поведінки на випадок виникнення тієї чи іншої ситуації.

Наприклад, рішення про доцільність проведення профілактичного обслуговування і ремонту техніки в напружений період польових робіт пов'язано з ризиком вийти за межі оптимальних строків внаслідок зупинки агрегата для профілактики або несправностей, якщо профілактичні роботи не будуть проведені.

Поняття ризику має різні тлумачення і кількісні оцінки. Проте загальним для всіх визначень є можливість отримати негативні результати (наслідки) прийнятого рішення. Залежно від характеру такі наслідки можуть оцінюватись грошовими, енергетичними, функціональними та іншими одиницями або не мати кількісного виразу (втрата здоров'я, авторитету, морально-етичні цінності). Для негативних наслідків, що можуть бути кількісно виражені мірою ризику може бути добуток розміру збитків на ймовірність їх появи,тобто:

$$R_H = p_a A, \qquad (6.3)$$

де R_H — негативні результати, що є мірою ризику; A — кількісний вираз наслідків; p_a — імовірність появи подій, що викликають наслідки A.

Нерідко необхідно оцінити сукупний негативний результат від різних за характером наслідків.

Отже, прийняття рішень при наявності певної невизначеності умов пов'язане з ризиком отримати негативні результати. Невизначеність умов може знаходитись у проміжку між крайніми випадками — від повної визначеності (детермінована задача) до повної невизначеності (поведінка суперника). Зведення задачі до детермінованої ще не означає уникнення ризику. Адже спрощення умов задачі, як правило, вступає в протиріччя з адекватністю моделі у відношенні до реальних процесів. Тобто ризик отримати негативні результати в таких випадках може зростати.

Крім невизначеності умов в інженерних задачах можлива також і *невизначеність мети.* Вона переважяо пов'язана з труднощами вибору такого критерію, який повністю охоплював би прагнення ОПР і відповідав би конкретній виробничій ситуації. Неправильний вибір критерію може призвести до великих втрат. Тому на стадії аналізу виробничої ситуації і побудови дерева цілей треба виділити найважливіші цілі, зважити різні напрямки вдосконалення системи, можливість побудови узагальнених критеріїв.Спеціалістам інженерної служби часто приходиться приймати рішення, що спрямовані на досягнення декількох цілей, тобто вирішувати багатокритеріальну задачу. При цьому можливі такі взаємозв'язки критеріїв:

нейтральні і незалежні, досягнення кожної цілі може розглядатись незалежно від інших;

залежні, але не суперечать один одному, що дозволяє покращувати систему одночасно за всіма критеріями;

залежні і конкурентні, тобто досягнення однієї мети можливе лише за рахунок іншої.

Перші два випадки переважно не ускладнюють задач, а тому при обгрунтуванні критеріїв особливу увагу звертають на конкурентні цілі.

2 Методи вирішення задач з невизначеністю

Методи вирішення задач з невизначеністю

Вид невизначеності	Причини невизначеності	Методи вирішення задач
Невизначеність умов	Вплив випадкових факторів	Детерміновані моделі з середніми значеннями величин, з резервуванням ресурсів і компенсаційними можливостями
	Незнання умов	Імовірнісні моделі Адаптивні стратегії Імовірнісні моделі
	Розумна протидія (конфліктна ситуація)	Теорія статистичних, рішень і теорія ігор
Невизначеність мети	Труднощі вибору критерію і побудови адекватної моделі	Аналіз ситуації і дерева цілей, оцінка адекватності моделі
	Багатокритеріальність	Векторна оптимізація за інтегральним критерієм Лексикографічний підхід Багатокритеріальний вибір

Застосування сучасних методів обґрунтування рішень при наявності невизначеності не гарантує, що прийняте рішення буде оптимальним і єдино правильним. Задача практично зводиться до того, щоб прийняте рішення було ефективним у межах розумного ризику .

3 Методи вибору раціональних рішень за декількома критеріями. Сітьове планування механізованих робіт з урахуванням невизначеності умов.

Своєчасність технологічних операцій і експлуатаційні затрати значною мірою залежать від *якості планування робіт.* Але в багатьох випадках механізатори і спеціалісти не мають чіткого плану дій навіть на найближчі дні, не кажучи про планування виробничих кампаній або складання річних планів робіт. Тому доводиться проводити щоденний розподіл нарядів, виникають великі організаційні втрати робочого часу.

Звичайно, планування сільськогосподарських робіт на тривалі проміжки часу є задачею із суттєвою невизначеністю, яка переважно має *стохастичний характер* і може бути врахована певними компенсаційними властивостями плану.

Особливістю календарного планування механізованих робіт є технологічна обумовленість їх послідовності, суттєвий вплив своєчасності операцій на кінцеві результати (врожайність, втрати продукції тощо). Тому вихідна інформація для планування повинна включати технологічні карти на виконання сільськогосподарських робіт із середньостатистичними оптимальними агротехнічними строками проведення кожної операції і можливими втратами врожаю при відхиленні від цих строків (коефіцієнти своєчасності). Для врахування невизначеності метеорологічних умов потрібно задати *коефіцієнти погодності* на період проведення робіт. Крім того задають обсяги робіт з кожної операції, обмеження з матеріально-технічних, трудових та інших ресурсів.

Мета календарного планування — своєчасне виконання робіт з мінімальними сукупними затратами, що включають і втрати врожаю. З календарним плануванням пов'язані такі специфічні задачі як розподіл ресурсів (техніки, палива, персоналу та ін.), побудова раціональних механізованих процесів, обгрунтування системи технічного і побутового обслуговування тощо. Тому реальному обгрунтуванню річних і оперативних планів механізованих робіт потрібно приділяти велику увагу, застосовуючи сучасні методи планування.

Одним з найбільш ефективних методів є с і т ь о в е п л а н у в а н н я , що включає структурне і календарне планування.

Структурне планування передбачає складання переліку операцій та його впорядкування, виділення структурних підмножин (блоків).

При складанні плану механізованих робіт основою для структурного впорядкування операцій є технологічні карти. Для зручності планування інколи доцільно виділяти *базові операції.* До них відносять такі польові

роботи, агротехнічні строки яких обумовлені станом грунту (температура, вологість, структура) або фазою розвитку рослин, а своєчасність їх виконання суттєво визначає врожайність культур. Базовими будуть операції закриття вологи, сівби, догляду за посівами, збирання тощо.

Так. при інтенсивній технології вирощування озимої пшениці підживлення здійснюється відповідно до фаз розвитку рослин і включається до складу базових операцій.

З базовими операціями технологічно і в часі пов'язаний ряд інших операцій, утворюючи структурну одиницю — блок. Якщо зміщується в часі базова операція, то відповідно зміщуються і операції, що пов'язані з нею. Таким чином, структурне планування є неначе каркас для наступного календарного планування.

Структурне планування може завершуватись розробкою сітьової моделі або лінійного графіка послідовності робіт (операцій, блоків, циклів).

Основною задачею *календарного планування* є побудова графіка виконання всіх операцій з відображенням строків, часових і технологічних взаємозв'язків. Найзручнішою з точки зору наочності та застосування обчислювальної техніки формою розробки календарного плану є сітьова модель. *Сітьова модель* — це графічне зображення сукупності робіт (операцій) і подій в їх технологічній послідовності та взаємозв'язку при досягненні кінцевого для даного процесу результату. Графічне зображення сітьової моделі інколи називають сітьовим графіком.

— *Робота* на сітьовій моделі зображується стрілкою (орієнтована друга графа), а початок (і) та кінець (/) кожної роботи визначаються як події і позначаються кружечком (вершина графа),

Термін робота може означати такі поняття: дійсна робота (технологічна операція), що вимагає затрат часу і ресурсів. На графі позначається суцільною лінією;

очікування без затрат праці та інших ресурсів. Позначається штрихпунктирною лінією;

фіктивна робота, що не вимагає затрат часу і ресурсів, але показує на залежність між окремими подіями, наявність логічного зв'язку. Фіктивна робота позначається штриховою лінією.

Наприклад, після скошування зернових у валки і до їх підбирання потрібен певний інтервал часу (очікування) на дозрівання зерна і підсихання.

Або технологічна підпорядкованість транспортної операції у відношенні до основної може бути задана фіктивною операцією

' При побудові сітьових графіків дотримуються наступних правил:

кожна операція у світі зображується лише однією дугою (стрілкою);

кожна пара подій може бути з'єднана не більше ніж. однією дугою. Якщо кілька операцій виконуються паралельно, то вони можуть мати лише одну спільну подію (початкову або кінцеву), а взаємна підпорядкованість інших позначається фіктивними операціями

у сіті не повинно бути подій (крім вихідної), в які не входить жодна дуга, і таких (крім кінцевої), з яких не виходить жодна дуга;

у сіті не повинно бути контурів, тобто такої послідовності подій, при якій є можливим повернення до початкової події

При побудові сітьового графіка потрібно відповісти на такі питання:

Які операції необхідно завершити перед початком даної операції?

Які операції потрібно виконати після даної?

Які операції виконуються одночасно?

Основними параметрами сітьової моделі при календарному плануванні є *тривалість* виконання всього комплексу робіт і кожної операції, а також відповідні *резерви часу.* Якщо додатково поставлена мета мінімізувати витрати при виконанні робіт, то для кожної операції задають відповідні витрати ресурсів.

У розрахунках сітьової моделі визначають очікувану тривалість робіт t_{si}, виходячи з наявності невизначеності ймовірнісного характеру.

Для кожної операції (Рн) розраховують також її *ранній початок* і *пізнє закінчення.* Будь-яка подія не може розпочатись до моменту закінчення всіх операцій, що входять у неї. Тобто ранній початок відповідає ранньому закінченню всіх попередніх робіт, що мають *максимальну* сумарну тривалість:

Ранні строки початку подій визначаються при прямому перегляді сітьової моделі від вихідної події до завершальної, а пізні строки закінчення операцій — при зворотному перегляді сіті від завершальної події до вихідної.

Пізнє закінчення операцій, що входять у подію *(i),* відповідає найменшій різниці між пізнім строком закінчення наступної за ним події (/) і тривалістю операцій, що виходять з даної події:

Як бачимо, розрахунки сітьових моделей дають можливість врахувати невизначеність умов методами теорії ймо вірності, оцінити межі коливання тривалості окремої операції та всієї сукупності робіт.