



**Національна академія наук України**  
**Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору**

# **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПОБУДОВІ ПОЛЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЦЕВОСТІ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ**

**доктор технічних наук, професор**  
**Триснюк Василь Миколайович**

**Київ 2024 р.**

## АКТУАЛЬНІСТЬ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Інформаційні технології дають змогу вирішувати питання безперервного контролю радіаційної обстановки і своєчасного виявлення радіоактивного забруднення місцевості, які є актуальними за двома факторами: збільшенням кількості об'єктів ядерної енергетики, як джерела дешевшої енергії; війна в Україні російською агресією та критична активізація сил російського екстремізму в світі, що здійснює масовані терористичні акти в Україні і по всьому світу.

**Актуальність теми** обумовлена вирішенням науково-прикладної задачі розробленням теоретичних і прикладних засад побудови інформаційних технологій розроблення методів і алгоритмів обробки даних про радіаційне забруднення місцевості.

Радіоактивне забруднення місцевості є потужним фактором, що робить істотний вплив на життєдіяльність населення, роботу адміністративних структур і органів державного управління в цілому. Осередками радіоактивного забруднення в мирний час можуть бути:

аварії ядерних енергетичних установок з викидом продуктів реакції;

руйнування сховищ (контейнерів) з радіоактивними речовинами;

руйнування активної зони або системи теплоносія ядерних енергетичних установок в результаті терористичних актів;

руйнування могильників радіоактивних відходів.

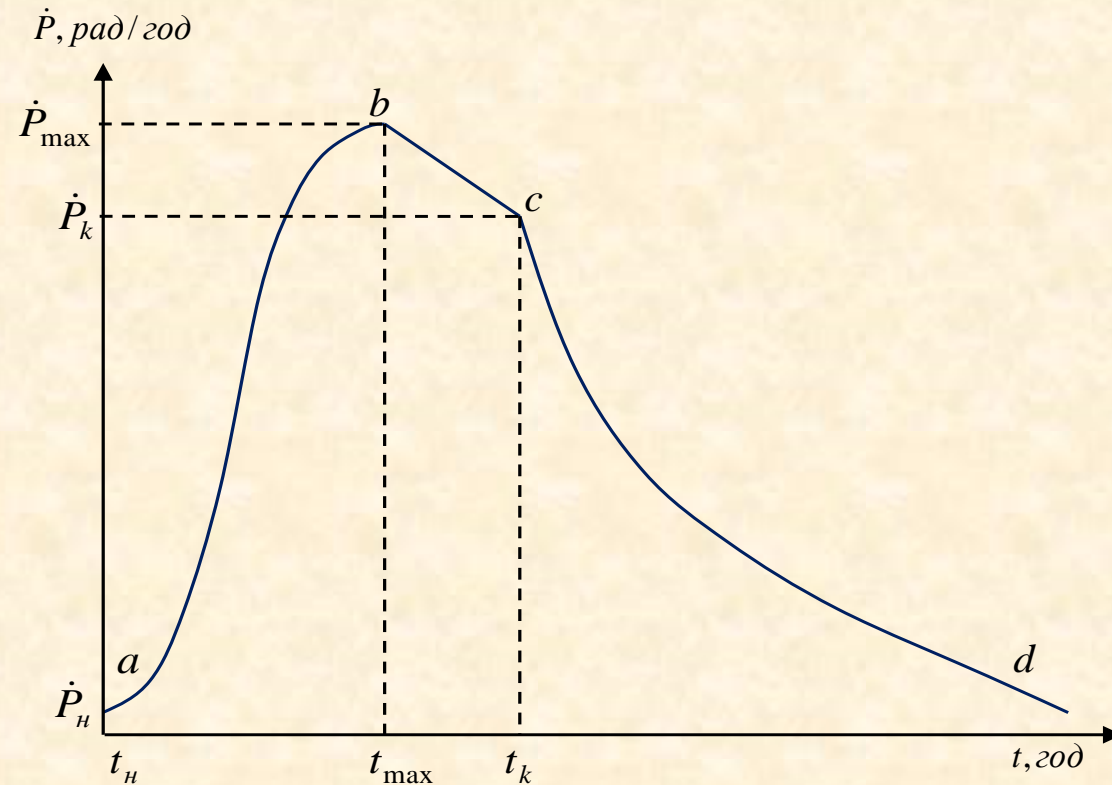
# АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІСЛЯ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНОГО РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЦЕВОСТІ

Розглядаючи процес зміни ПДВ(потужність дози випромінювання )при проходженні радіоактивної хмари, можна виділити три характерні етапи:

перший етап характеризується плавним наростанням ПДВ (ділянка кривої  $ab$ ). У цей період відбувається інтенсивне випадання продуктів ядерного ділення;

другий етап характерний тим, що процес спаду ПДВ, обумовлений розпадом продуктів ядерного ділення, переважає над процесом випадання радіонуклідів (відрізок  $bc$ );

третій етап (ділянка кривої  $cd$ ) випадання радіоактивних речовин завершилося, і зміна ПДВ викликана тільки процесами радіоактивного розпаду.

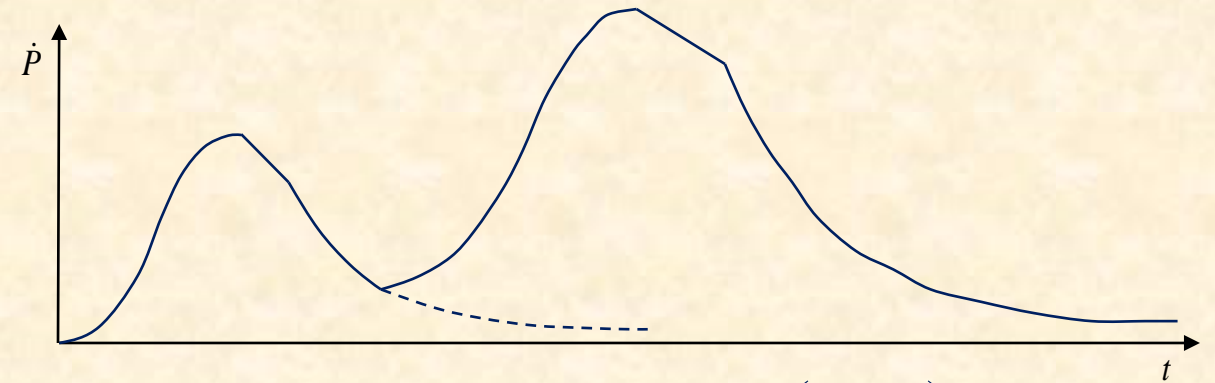


# Можливі варіанти динаміки формування радіоактивного забруднення місцевості в точці при накладенні радіоактивних слідів

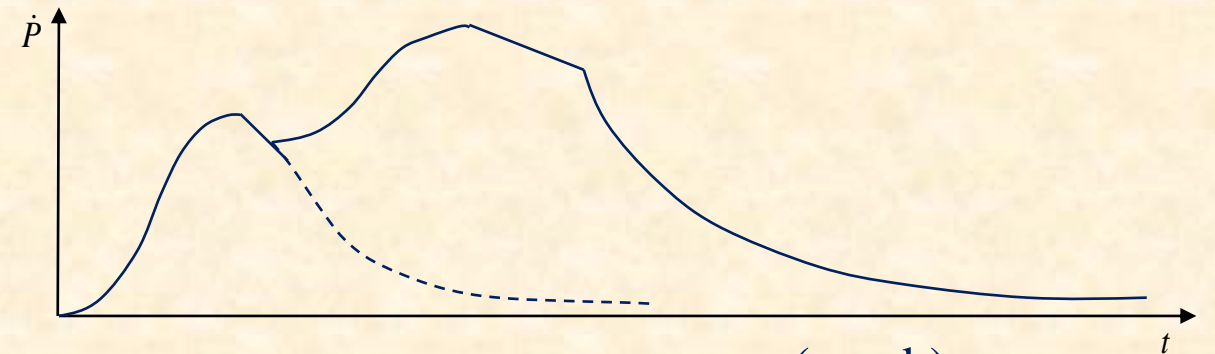
Уточнення прогнозу РЗМ також може використовуватися при накладенні слідів радіоактивних хмар. Проте це можливо якщо випадання радіоактивних осадів від подальшого викиду почалося не раніше того, як закінчилося формування сліду попереднього викиду (рис.а).

У разі приходу хмари другого викиду у момент інтенсивного випадання радіоактивних осадів від першого (рис.с) або навіть під час закінчення формування сліду попереднього викиду (рис.б), методика застосовуватися не може.

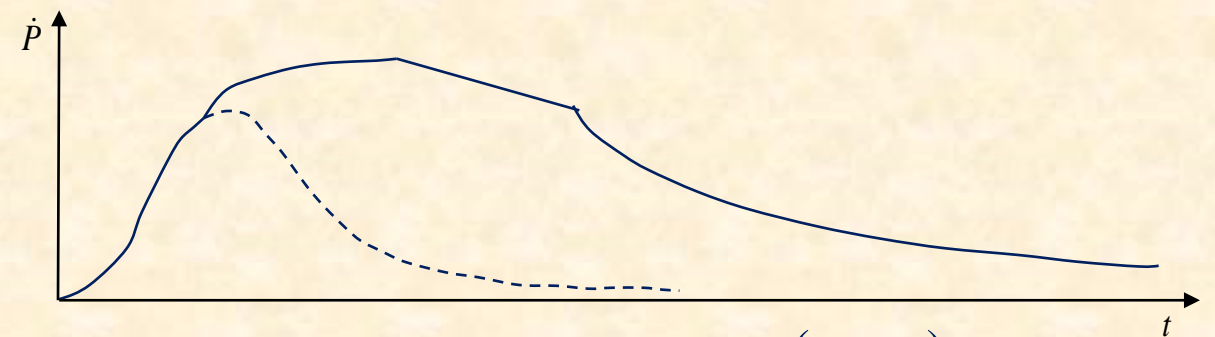
Це накладає істотні обмеження на використання існуючого математичного апарату.



(рис.а)

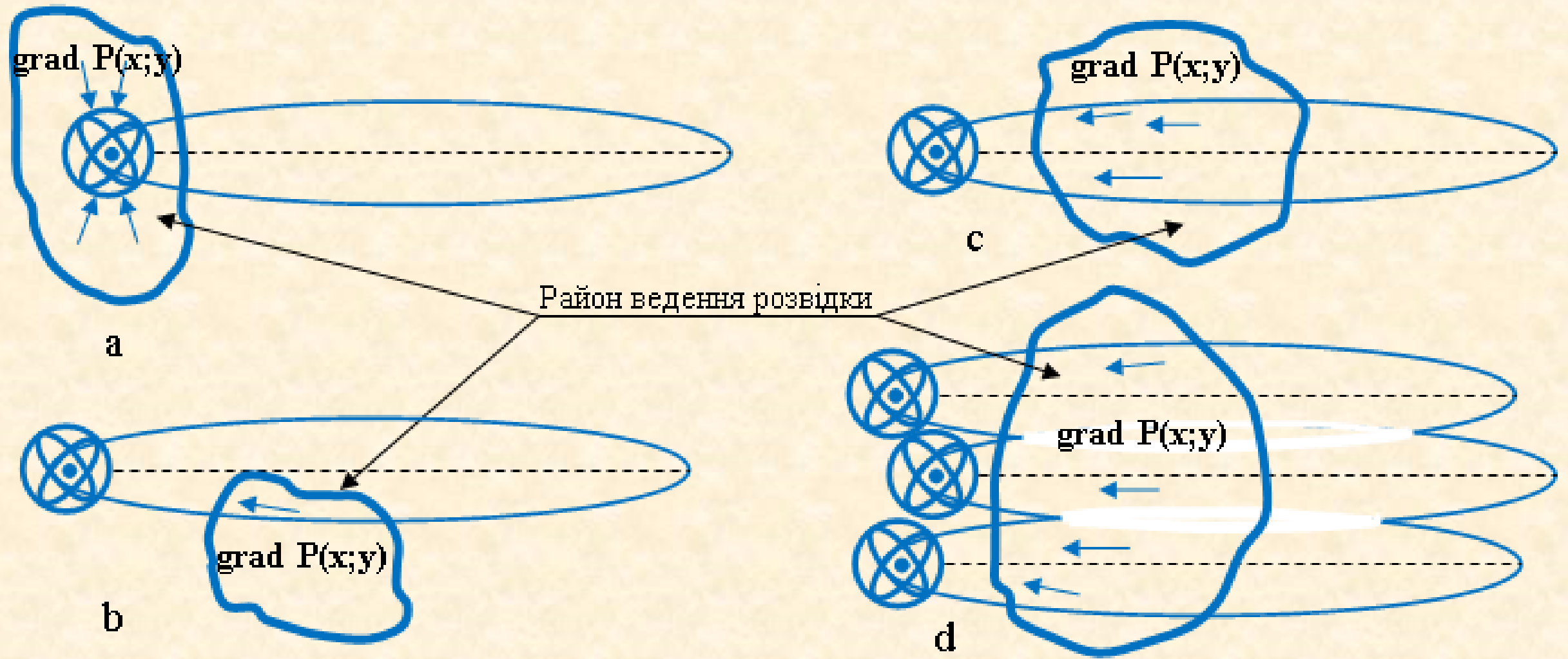


(рис.б)



(рис.с)

# Можливі інформаційні ситуації при виявленні структурної інформації про поле радіоактивного забруднення місцевості



# Концептуальна модель обробки даних про радіоактивне забруднення місцевості

Умови		Методи обробки вихідних даних		Способи графічного відображення	Методи рішення завдань за оцінкою РО
Слід сформований	Щільність точок контролю	нижче достатньої	<p>Виявлення структурної інформації на фрагментах поля</p> <p>Уточнення потужності викиду осередка для запроектних аварій</p> <p>Послідовна параметрична адаптація моделі в динаміці формування сліду</p>	За первинними даними	За уточненим прогнозом РЗМ
		достатня	<p>Послідовна параметрична адаптація моделі на сформованих слідах</p> <p>Послідовна параметрична адаптація моделі за наявності компактних множин</p>		
	вище за достатню	<p>“Бустреп”-метод</p> <p>Лінійна оптимальна інтерполяція з урахуванням апріорних даних</p>		По сітці	По цифровому зображенню поля РЗМ
		<p>Лінійна оптимальна інтерполяція</p> <p>Лінійна оптимальна інтерполяція з урахуванням апріорних даних</p>			
		<p>Стохастична апроксимація</p> <p>Сплайн-інтерполяція</p> <p>Лінійна інтерполяція</p>		По функціональним залежностях	За фактичними даними

# ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ПОСЛІДОВНОЇ ПАРАМЕТРИЧНОЇ АДАПТАЦІЇ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЦЕВОСТІ ЗА ДАНИМИ РОЗВІДКИ

Вихідні дані

Параметри осередка РЗМ	$\psi_1^*$	$\psi_2^*$	...	$\psi_n^*$
	$\tau_1^*$	$\tau_2^*$	...	$\tau_n^*$
	$W_1^*$	$W_2^*$	...	$W_n^*$
	$\eta_1^*$	$\eta_2^*$	...	$\eta_n^*$
	$x_{r1}^*$	$x_{r2}^*$	...	$x_{rn}^*$
	$y_{r1}^*$	$y_{r2}^*$	...	$y_{rn}^*$
	$t_{r1}^*$	$t_{r2}^*$	...	$t_{rn}^*$
Метео	$\alpha_1^*$	$\alpha_2^*$	...	$\alpha_n^*$
	$u_1^*$	$u_2^*$	...	$u_n^*$
	$\mu_1^*$	$\mu_2^*$	...	$\mu_n^*$

Параметри моделі

Моделювання РЗМ

Радіаційна розвідка

$\bullet$	$x_1$	$t_1$	$y_1$
$\bullet$	$x_2$	$t_2$	$y_2$
.....			
$\bullet$	$x_n$	$t_n$	$y_n$

Вплив на параметри моделі

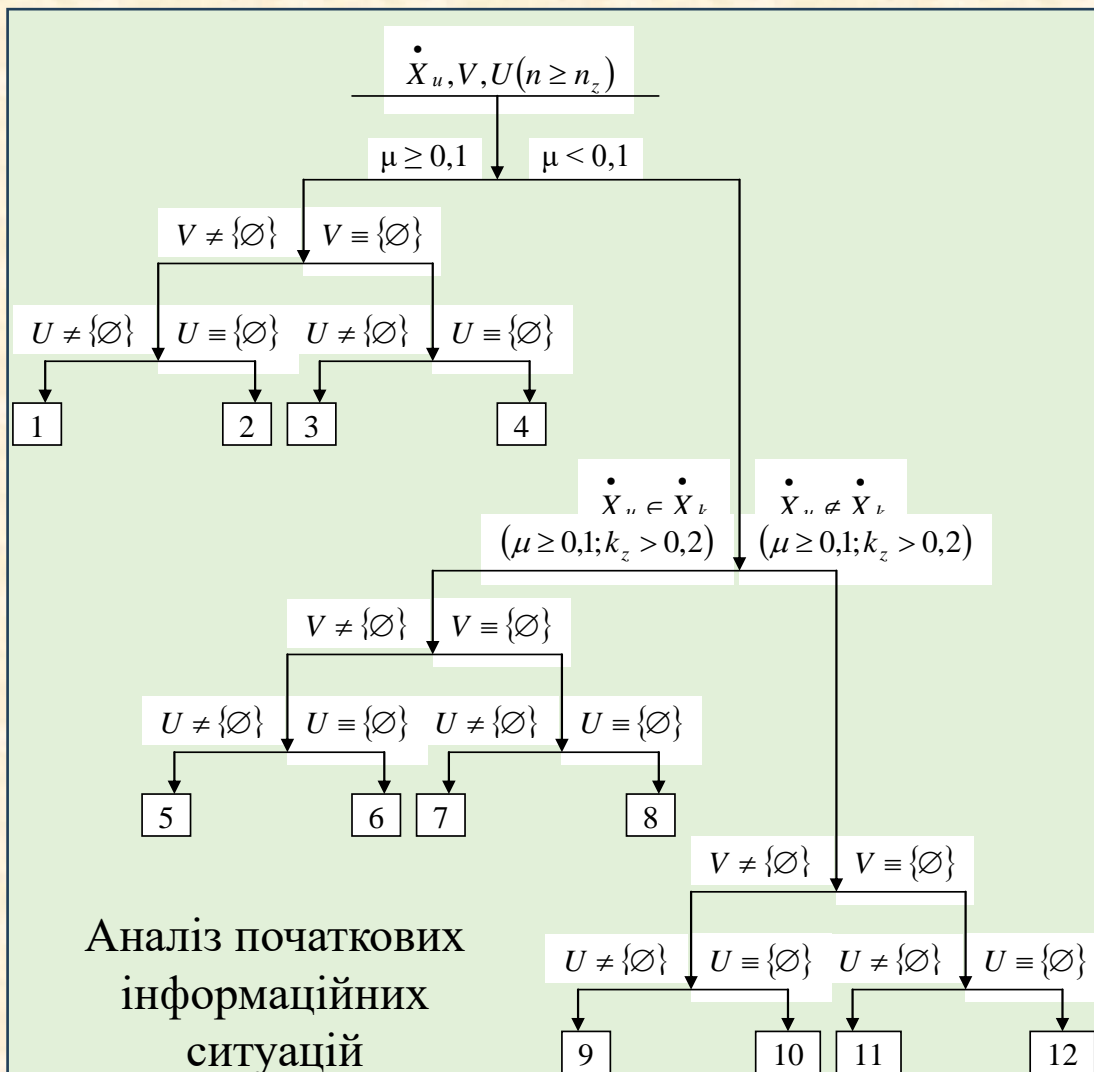
Адаптація моделі

Аналіз та оцінка моделі

Уточнена модель РЗМ

**Функціональна блок-схема послідовної параметричної адаптації моделі РЗМ даними радіаційної розвідки місцевості.** Вихідні дані, представлені на схемі, позначені зірочкою. Це вказує на те, що величини, які розглядаються в даному випадку, інтерпретуються тільки як параметри моделі РЗМ, що дозволяє на етапі адаптації змінювати значення параметрів з метою максимально узгодити модель з даними радіаційної розвідки.

# Алгоритм обробки даних радіаційної розвідки на основі методу лінійної оптимальної інтерполяції



Якщо щільність точок вимірювань ПДВ ( $\mu$ ) вона не менше  $0,1 \text{ км}^{-2}$ , то це дозволяє використати метод лінійної оптимальної інтерполяції для виявлення РЗМ. У разі, коли ця умова виконується, подальша класифікація ситуацій проводиться по наявності або відсутності інформації про осередки радіоактивного забруднення і метеоданих (ситуації 1-4).

Коефіцієнт  $k_z$  змінюється в межах від 0 до 1 і не має бути менше 0,2. При виконанні цих умов, слід окремо розглянути випадки, коли інформація про осередки радіоактивного забруднення і метеодані на момент формування слідів радіоактивного забруднення наявна або відсутня (ситуації 5-8).

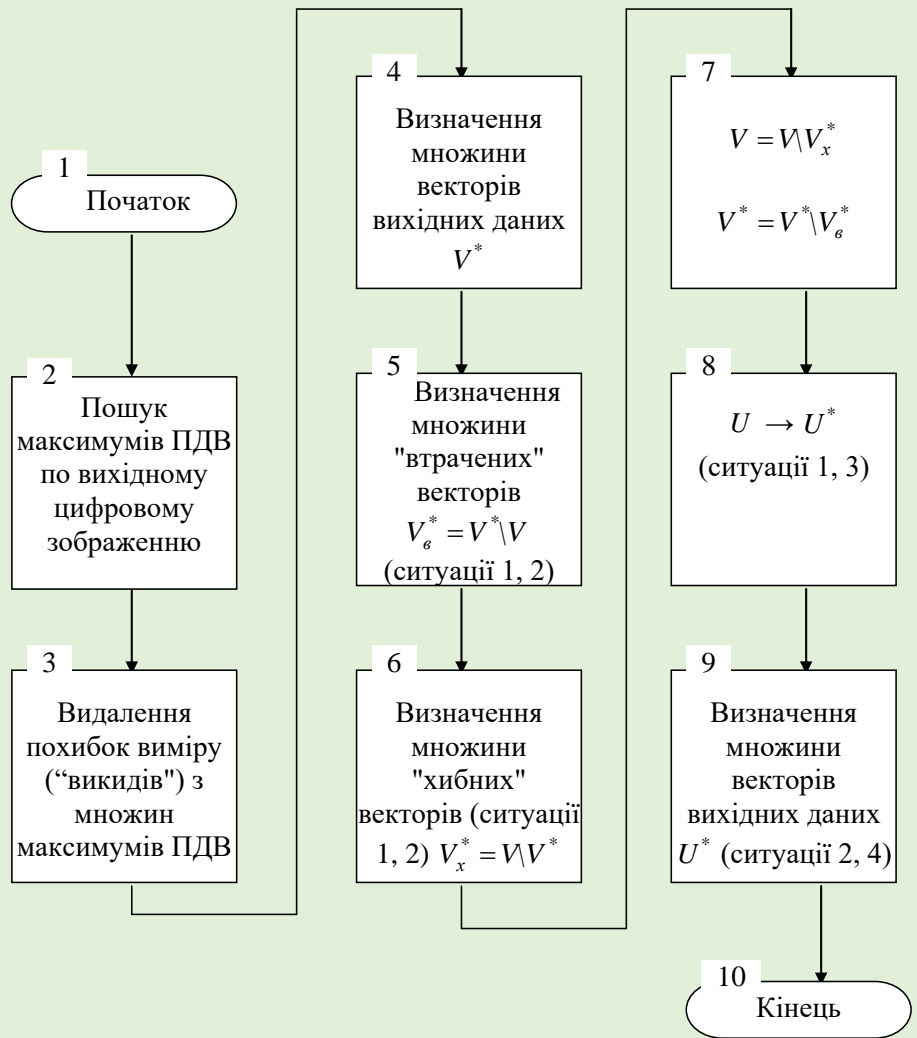
Якщо ж щільність точок вимірювань нижче ніж одна точка на  $10 \text{ км}^2$  і немає компактних вибірок, в яких виконувалися б умови описані вище, то можна окремо розглянути випадки, коли є інформація про осередки радіоактивного забруднення (ситуації 9-10), і коли такі дані відсутні (ситуації 11-12).



# Алгоритм послідовної параметричної адаптації при різних інформаційних ситуаціях



# Уточнення вихідних даних параметризованої моделі, при достатній щільності вимірювань потужності дози випромінювання



Алгоритм уточнення вихідних даних параметризованої моделі, на основі вимірювань потужності дози випромінювання (інформаційні ситуації 1-4)

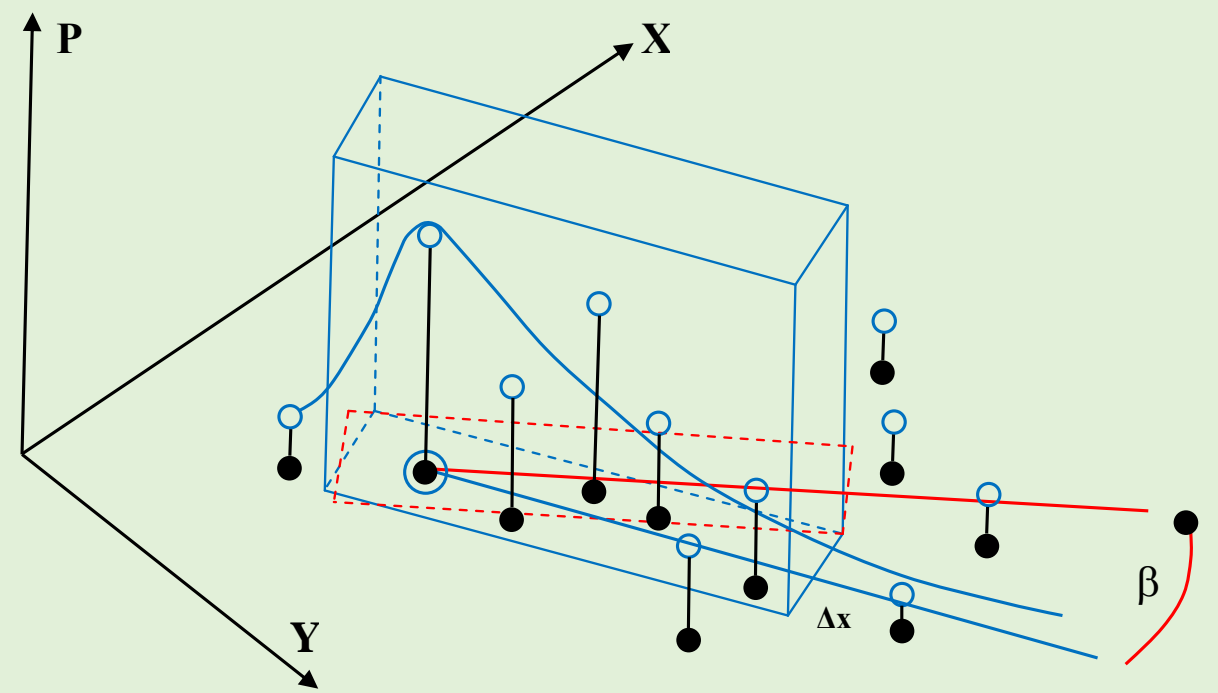
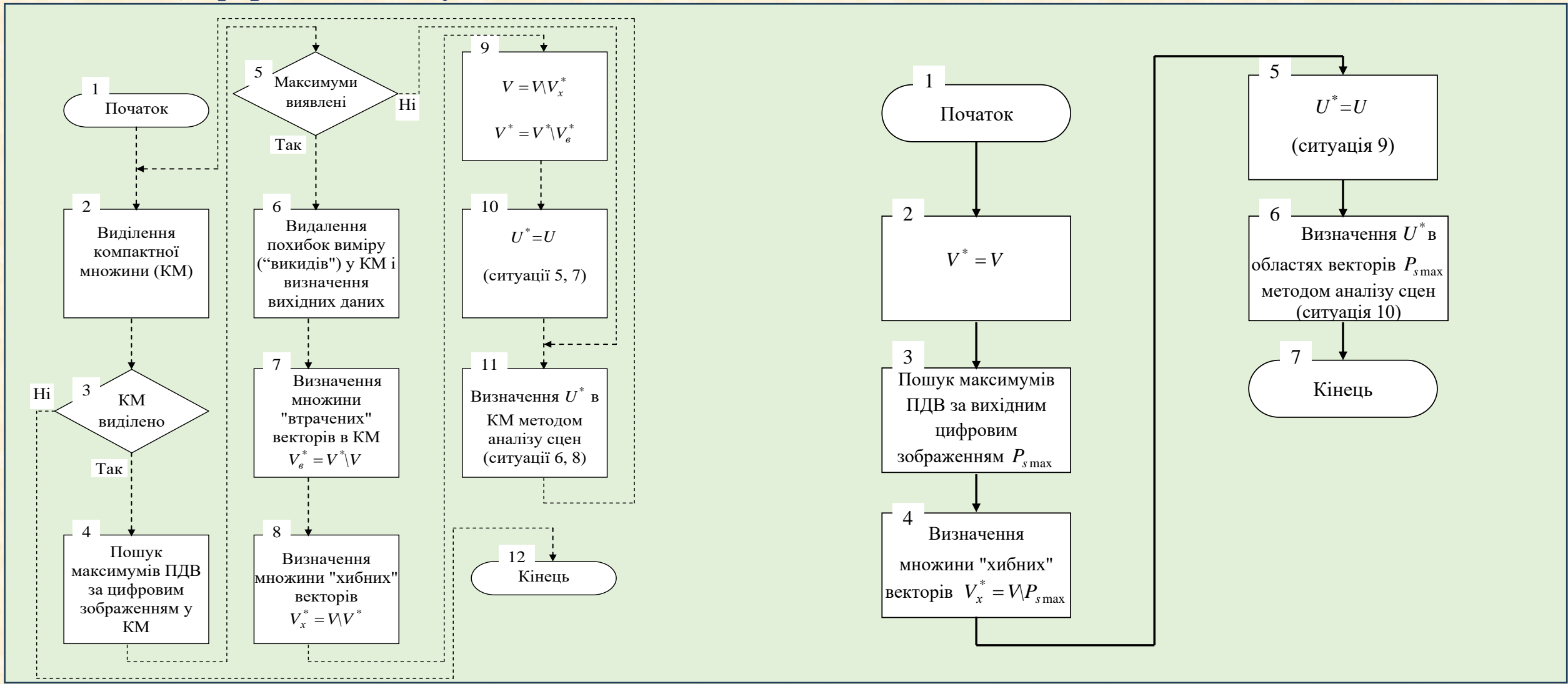


Схема роботи методу аналізу сцен для визначення осі сліду радіоактивного забруднення місцевості

## Алгоритм уточнення вихідних даних параметризованої моделі, на основі вимірювань потужності дози випромінювання (інформаційні ситуації 5-8)

## Уточнення вихідних даних параметризованої моделі, на основі результатів радіаційної розвідки (інформаційні ситуації 9-10)



# Корекція параметрів локальної оптимальної інтерполяції поля потужності дози випромінювання

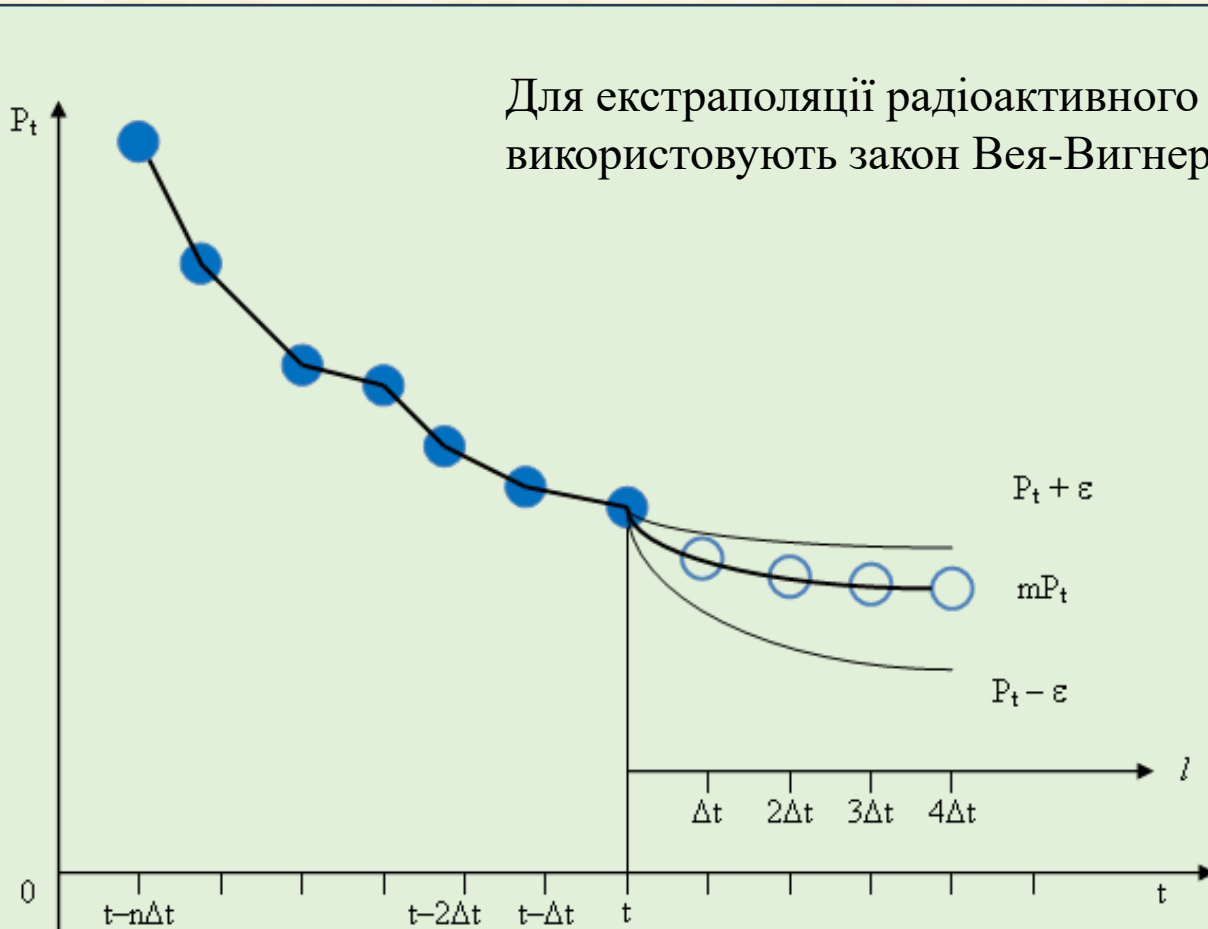


При виборі форми ЛОО пропонувалося використати апіорну інформацію про напрямок середнього вітру. Такий підхід є оптимальним для випадку, коли фактичне РЗМ близько до модельного. Проте, якщо не вдалося побудувати параметризовану модель, логічно припустити, що уточнення меж ЛОО по напрямку вітру у момент формування сліду не поліпшить статистичних властивостей вибірок.

- > – траєкторія рішення задачі при інформаційних ситуаціях (1-4);  
 - - - - -> – траєкторія рішення задачі при інформаційних ситуаціях (5-8);

Корекція параметрів методу лінійної оптимальної інтерполяції

# Методи екстраполяції потужності дози випромінювання в часі для АСКРО



Для екстраполяції радіоактивного забруднення місцевості в часі зазвичай використовують закон Вея-Вигнера

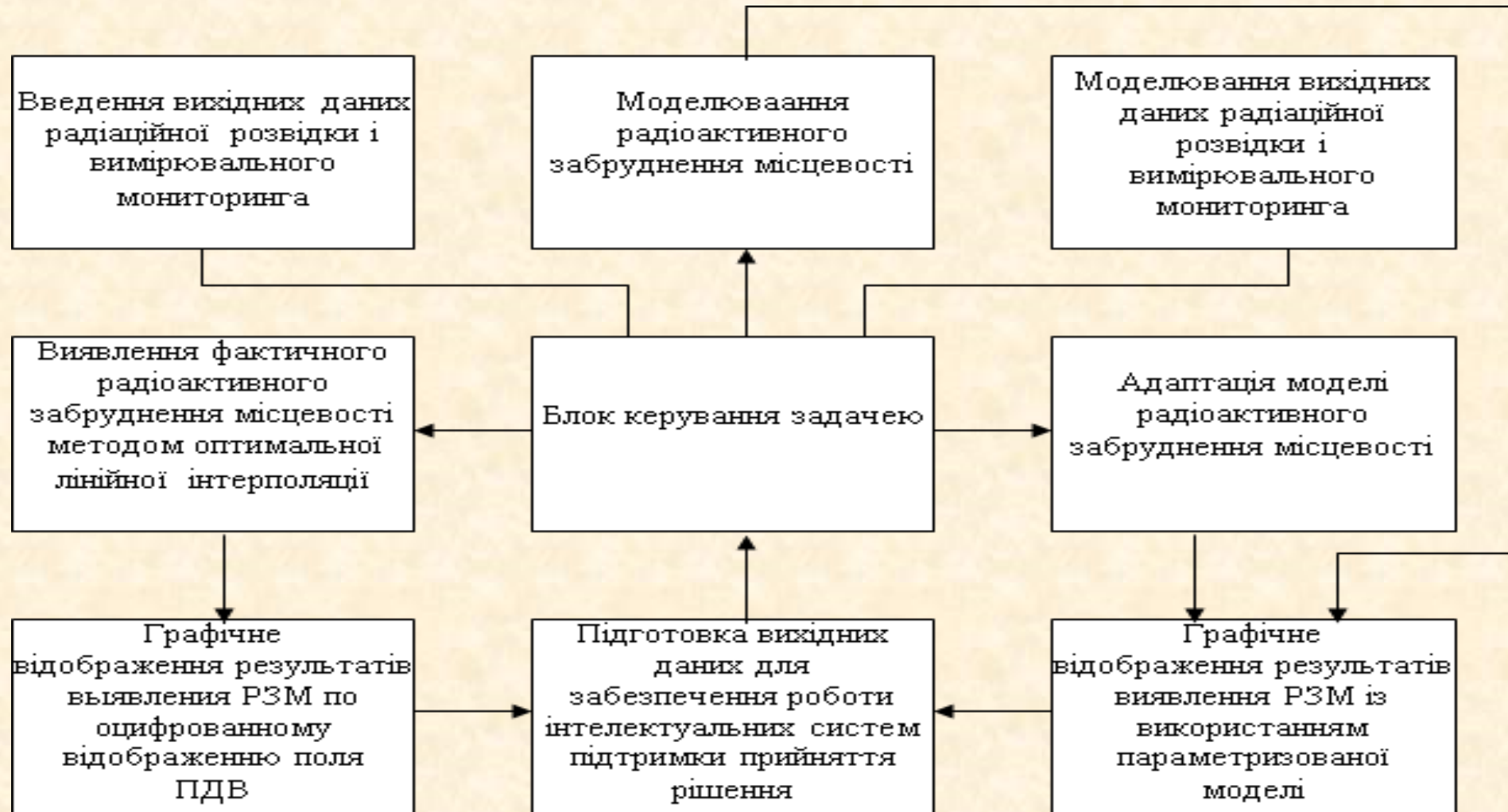
$$P = P_1 t_u^{-n}$$

Перевагою такого підходу до екстраполяції поля ПДВ в часі є можливість корекції прогнозу при надходженні нових даних розвідки. Дійсно, якщо у момент часу  $t$  проводяться прогнози з попередженням  $l$ , то як тільки стає відомим значення потужності дози у момент часу  $(t+1)$ , з'являється можливість корекції прогнозу на величину різниці між спрогнозованим і виміряним значеннями на цей час. Операція корекції проста і не вимагає великих обчислювальних ресурсів.

Таким чином, використовуючи математичні моделі поля РЗМ, засновані на аналізі тимчасових рядів, є можливість прогнозувати радіаційну обстановку за даними радіаційного спостереження і розвідки. Цей метод застосовний не лише для полів, близьких до модельних, але і для структур із складною топологією.

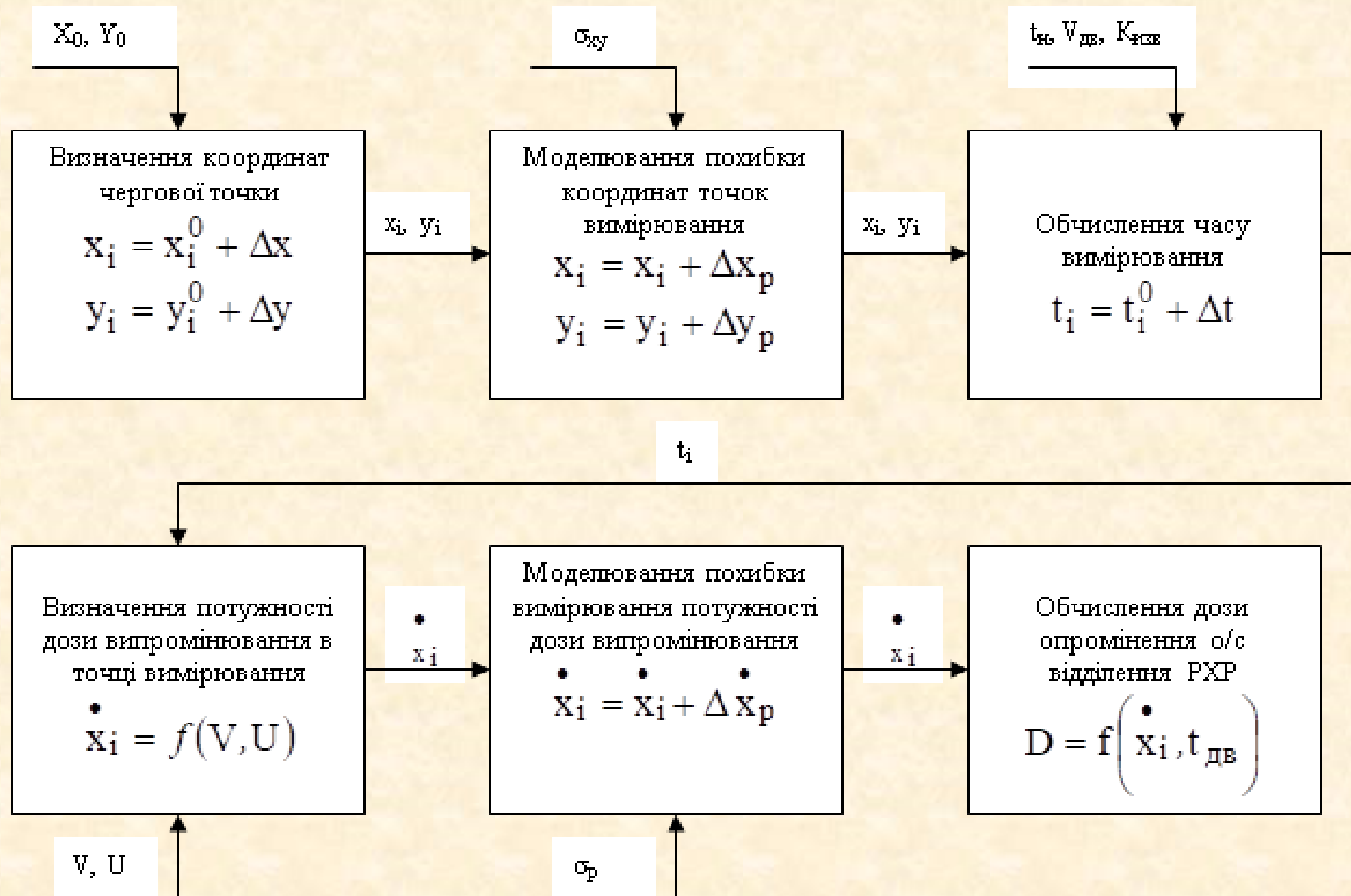
Схема прогнозу і довірчі межі з попередженням  $l$

# ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВИНИКНЕННІ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЦЕВОСТІ



**Функціональна схема СПЗ “Виявлення радіоактивного забруднення місцевості за даними радіаційної розвідки”**

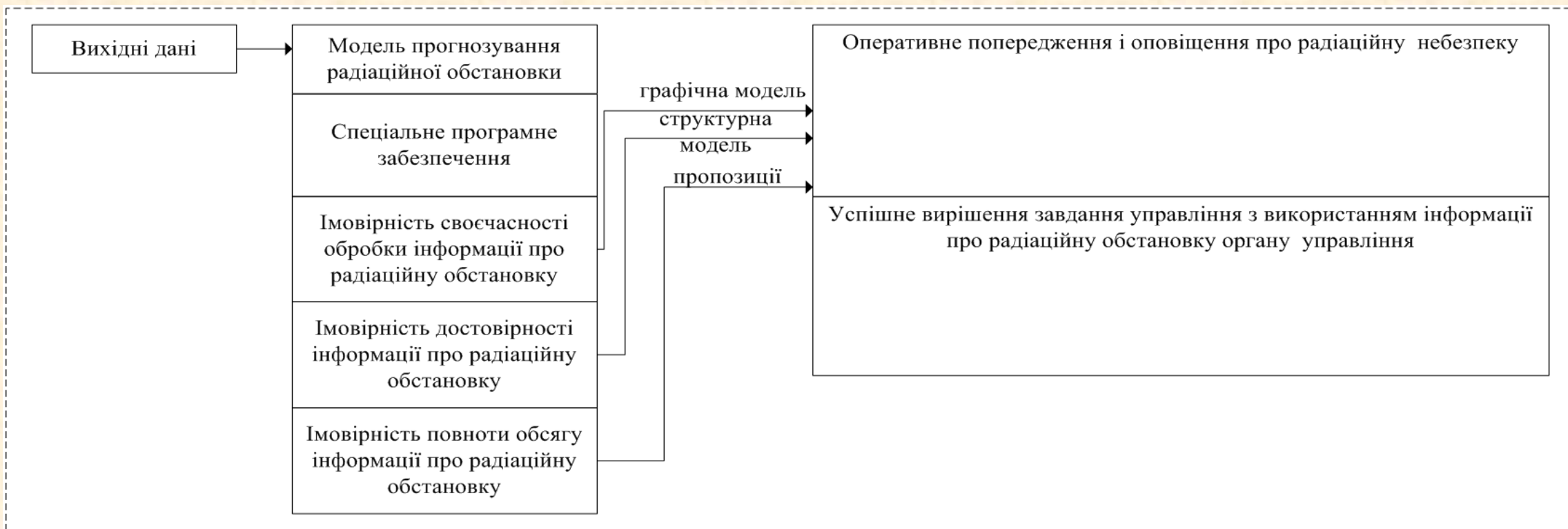
# Функціональна схема роботи процедур моделювання даних радіаційної розвідки



# Удосконалення інформаційних технологій підтримки прийняття рішень при виникненні радіаційного забруднення



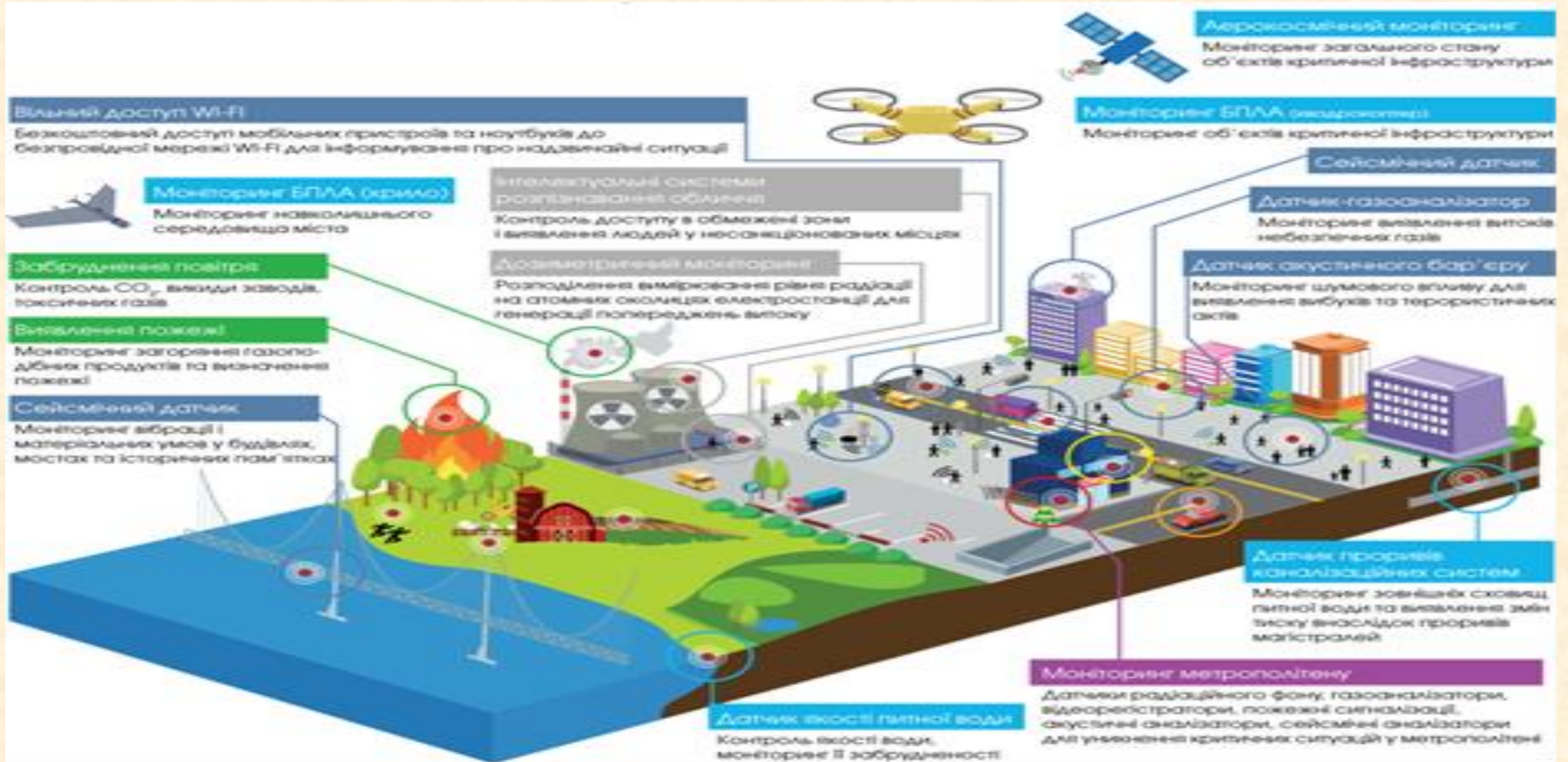
## Існуюча інформаційна технологія підтримки прийняття рішень органом управління



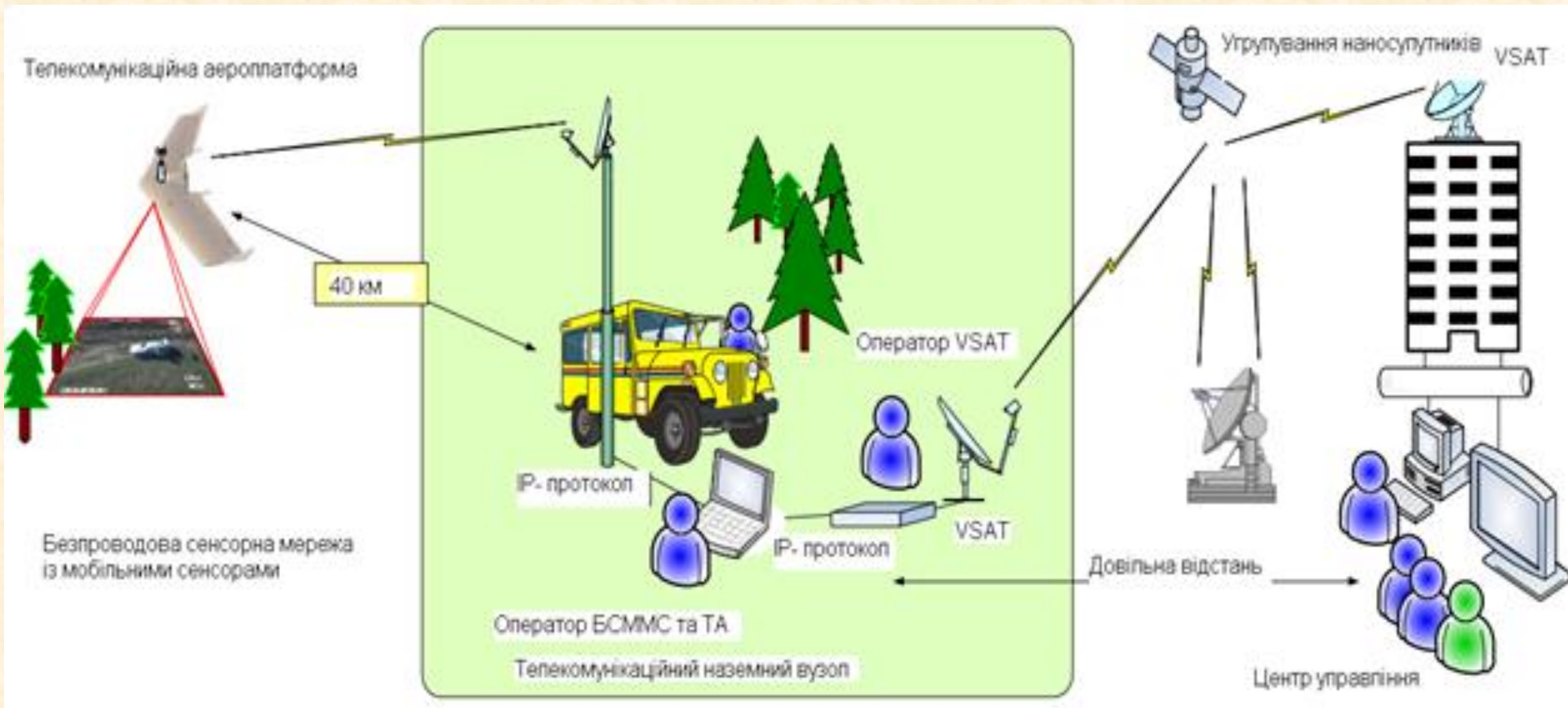
## Удосконалена інформаційна технологія підтримки прийняття рішень органом управління



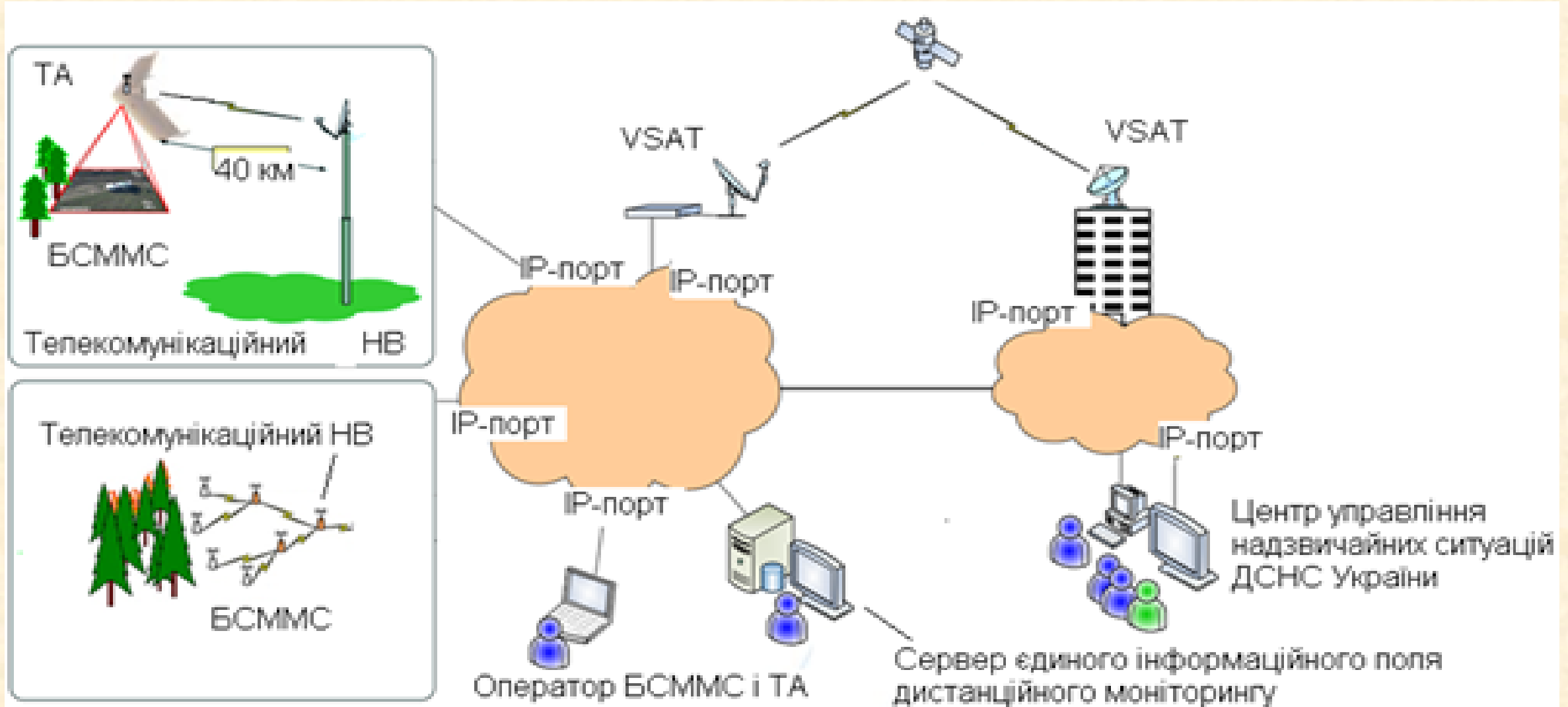
# Рекомендації щодо підвищення ефективності інформаційних технологій за рахунок удосконалення технічної бази



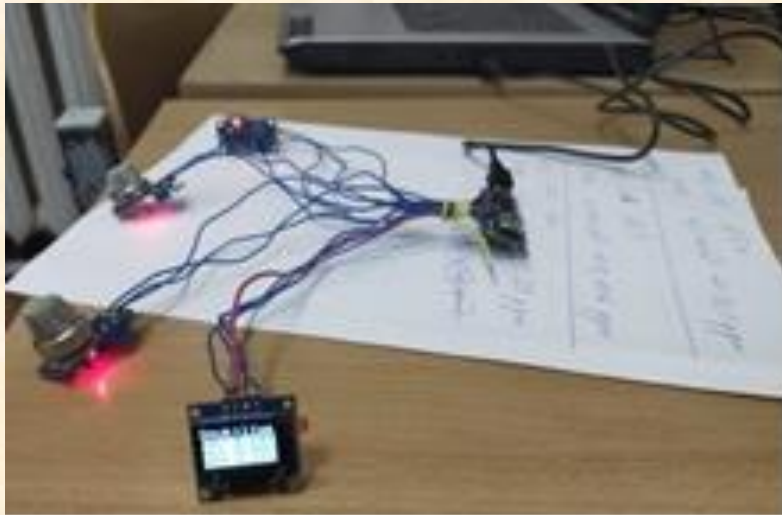
# Схема доставки інформації про РЗ за допомогою дистанційного моніторингу безпроводних сенсорних мереж



# Інтеграція системи дистанційного моніторингу та аероплатформами в єдине інформаційне поле радіаційної розвідки



## Комплектації інтелектуальних сенсорних пристроїв сенсорного поля моніторингу стану радіаційної обстановки



Комплексні моніторингово-сигнальні датчики-газоаналізатори розробляються з використання газорозрядних лічильників Гейгера, призначених для вимірювань потужності дози випромінювання в повітрі з цифровою індикацією величини вимірюваних параметрів на рідинно-кристалічному індикаторі

Типовий сенсорний пристрій для вимірювання ПДВ містить такі елементи: обчислювальна платформа (наприклад, на основі процесора Cortex), платформа датчика радіаційного зараження, радіо – модуль ZigBee, GPS (Global Positioning System) модуль, GPRS (General Packet Radio Service) модуль, літієва акумуляторна батарея.

## ВИСНОВКИ:

1. Розроблено математичні моделі послідовної параметричної адаптації радіаційного забруднення місцевості за даними радіаційної розвідки при малій щільності точок контролю, використовуючи апріорну інформацію про осередки радіоактивного забруднення і метеоумови.

2. Визначені найбільш перспективні шляхи розвитку методів виявлення фактичного радіаційного зараження місцевості за даними радіаційної розвідки в АСКРО і СУВ. Показана доцільність використання адаптивних підходів при малих вибірках вимірювань потужності дози випромінювання і інтерполяційних методів для репрезентативних вибірок. Сформульовані вимоги до розроблених методів обробки результатів радіаційної розвідки при різній щільності і достовірності вихідних даних.

3. Обґрунтовано наукові та методичні підходи предметно-орієнтованої оцінки даних радіоактивного забруднення місцевості за даними радіаційної розвідки на основі технології геоінформаційних систем і дистанційного зондування Землі з космосу.

4. Розроблено методи екстраполяції потужності дози випромінювання в часі для автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки на основі методу лінійної оптимальної екстраполяції. Потужності дози випромінювання в часі для АСКРО, коли це дало змогу безпосередньо визначати коефіцієнта спаду потужності дози випромінювання при ускладненнях отримання інформації та непередбачених критичних ситуаціях.

5. Вдосконалено адаптивний, до початкової інформації, алгоритм обробки даних радіаційної розвідки на основі методу лінійної оптимальної інтерполяції, що дозволило уточнювати параметри моделі за показаннями датчиків і тим самим підвищувати її достовірність.

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**