

ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ДЕРЖАВНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ГРОМАДСЬКОГО ПОРЯДКУ

УДК 355.535.1

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-6468/2019.4/25>

Голубок М.Г.

Національна академія Національної гвардії України

Ковальов І.В.

Національна академія Національної гвардії України

Щербак В.Я.

Національна академія Національної гвардії України

МОДЕЛЮВАННЯ ДІЙ ЗОВНІШНЬОГО ПРАВОПОРУШНИКА ТА СИЛ ОХОРОНИ В МЕЖАХ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ ЯДЕРНОЇ УСТАНОВКИ

У статті наведена математична модель дій зовнішнього правопорушника та сил охорони в межах санітарно-захисної зони ядерної установки, яка враховує структуру системи виявлення зовнішнього вторгнення, а також підготовленість та оснащеність сил охорони та характер рельєфу і рослинного покриву місцевості на рубежі переривання дій зовнішнього правопорушника. Розглянутий можливий спосіб дій сил охорони з виявлення та переривання просування зовнішнього правопорушника в межах санітарно-захисної зони ядерної установки. Обґрунтована потреба в сучасних магнітометричних засобах виявлення для сигналізаційного блокування окремих протяжних рубежів санітарно-захисної зони на підступах до ядерної установки. Викладений підхід до застосування стаціонарних магнітометричних засобів виявлення в системі охорони ядерних установок у межах санітарно-захисної зони. Розглянуті основні тактико-технічні характеристики стаціонарних магнітометричних засобів виявлення. Визначений вплив рельєфу і рослинного покриву місцевості на рубежі переривання дій зовнішнього правопорушника на дальність виявлення засобами візуального спостереження сил охорони. Визначений випадковий кут відхилення від наміченої лінії руху зовнішнього правопорушника від рубежу первинного виявлення санітарно-захисної зони до життєво важливих центрів ядерної установки під впливом визначених чинників. Викладений підхід до використання сучасних технічних засобів виявлення зовнішнього правопорушника із вбудованими можливостями з їх супроводження і наведення на них сил охорони. Визначена умовна ймовірність переривання дій зовнішнього правопорушника силами охорони. Приведена глибина смуги, у межах якої можливе як виявлення зовнішнього правопорушника, так і переривання його дій, залежно від оснащення засобами виявлення та супроводження сил охорони.

Ключові слова: зовнішній правопорушник, система охорони, ядерна установка, засоби виявлення, подолання, ймовірність, перехоплення, математична модель.

Постановка проблеми. Природа процесів в області забезпечення охорони ядерних установок (далі – ЯУ) така, що ми маємо справу з випадковими подіями і величинами. Причому передбачити результат конкретної події практично неможливо. Але, спостерігаючи ці події в масовій кількості, ми маємо можливість виявити деякі закономірності. Збір і аналіз даних про дії зовнішнього правопо-

рушника (далі – ЗПП) і сил охорони (далі – СО) дозволить виявити стійкі тенденції й удосконалити математичні моделі даних процесів. Упровадження у практику органів управління інформаційних технологій створило умови для моделювання різноманітних варіантів дій ЗПП, оперативного виконання розрахунків і, як результат, дозволяє ухвалювати більш обґрунтовані рішення.

Отже, необхідно постійно вдосконалювати різноманітні математичні моделі зовнішнього правопорушника та детально моделювати всі етапи можливих протиправних дій щодо ядерних установок для підвищення ефективності їх охорони.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [1, с. 12; 2, с. 28] систематично викладені загальні питання аналізу ризиків, а також управління (ухвалення рішень і обґрунтування заходів) ризиками для різних об'єктів. У [3, с. 16] розглянуті деякі підходи до математичного опису та формалізації зовнішнього порушника в задачі оцінки ефективності системи фізичного захисту. Крім того, наведена модель ПП за використання ним тактики скритного проникнення. У [4, с. 163] описана математична модель для визначення напряму та часу подолання правопорушником фізичних бар'єрів периметра забороненої зони особливо важливих об'єктів, яка враховувала б структуру системи протидії зовнішньому вторгненню, а також підготовленість та оснащеність правопорушника, способи подолання фізичних бар'єрів. У [5, с. 71] описана математична модель перехоплення зовнішнього правопорушника на підступах до життєво важливих центрів ЯУ з урахуванням часу подолання фізичних бар'єрів забороненої зони.

У [6; 7, с. 36] розглянуті технічні можливості нових виробів ТЗО, зокрема стаціонарних магнітометричних засобів виявлення (далі – МЗВ), призначених для сигналізаційного блокування «відкритих» протяжних кордонів об'єктів. Їх відрізняє пасивний спосіб дії, маскування (радіо і візуальне), висока перешкодостійкість унаслідок спрямованості «дії» на феромагнітні предмети, що дозволяє, наприклад, найбільш достовірним способом дискримінувати людей і тварин – основне джерело перешкод в інших засобах [8, с. 8; 9, с. 34].

Постановка завдання. Мета статті – розроблення математичної моделі дій зовнішнього правопорушника та сил охорони в межах санітарно-захисної зони ядерної установки з урахуванням застосування стаціонарних магнітометричних засобів виявлення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Наш час диктує нові завдання з виявлення ЗПП, які мають на меті захоплення ядерних установок. Вони зумовлені змінами, що відбуваються у країні, у моделях ЗПП, а також в умовах охорони, наприклад, появою терористичних груп і ДРГ на території України. Сьогодні спектр техніки ТЗО, пропонований для вирішення завдань

подвійного призначення (цивільні і військові), розширюється. Основними ТТХ МЗВ є ймовірність виявлення ЗПП P_0 і середнє напрацювання на помилкову тривогу $T_{л}$, які визначають його сигналізаційну надійність. Відповідно до міжнародних стандартів, МЗВ повинно забезпечувати $P_0=0,95$ і $T_{л}=720$ годин; в Україні єдиного стандарту не вироблено, у виробників прийнято завищувати основні ТТХ, особливо , з кон'юнктурних міркувань.

Функціонування МЗВ забезпечується практично в будь-якому ґрунті без інженерної підготовки місцевості, за будь-яких природно-кліматичних умов (глибокий сніг, рослинність, потоки води), їм властиве відносно мале енергоспоживання ($\sim 0,5$ Вт/км) і вартість, висока експлуатаційна надійність, ремонтпридатність і велика довжина (до 700 м) зони виявлення (далі – ЗВ). Вони не потребують технічного обслуговування протягом терміну служби (не менше 8 років). З іншого боку, пасивні МЗВ мають обмеження щодо області застосування: 1) підготовлені «магніточисті» (тобто в разі видалення зі свого одягу й амуніції всіх феромагнетиків) ЗПП не виявляються; 2) низька електромагнітна сумісність (далі – ЕМС) у безпосередній близькості із промисловим джерелами сильних струмових електромагнітних полів. Проблема кваліфікованого ЗПП тією чи іншою мірою властива всім без винятку ЗВ (наприклад, для радіопроміневих – це порушник, який повзе по траві) і вирішується на шляхах комплексування різних принципів виявлення, організації кількох рубежів охорони.

Незважаючи на наявні недоліки, потреба в сучасних МЗВ для сигналізаційного блокування окремих протяжних рубежів на підступах до ЯУ зростає, що зумовлено кількома обставинами [6]: облаштування нових рубежів первинного виявлення має здійснюватися за допомогою здебільшого маскувальних ЗВ, воно повинно супроводжуватися мінімальними інженерно-ландшафтними роботами; ЗВ повинні бути, за можливості, необслуговуваними, працювати за будь-якої погоди; вимога мінімального споживання електроенергії зумовлена можливим використанням ЗВ в автономному режимі (з радіоканалом) і труднощами з подачею живлення на довгі рубежі; модель сучасного ЗПП усе більше криміналізується і набуває «озброєності»; застосування загороджувальних ЗВ на віддалені від ЯУ найчастіше недоцільно з багатьох причин – економічних (дорого), екологічних (природні міграції тварин).

Ураховуючи вищезазначене, у роботі обрано, що рубіж первинного виявлення (межа санітарно-захисної зони ЯУ) повинен бути обладнаний МЗВ (типу «Дуплет»).

Природно припустити, що ЗПП завжди прагнуть перетнути контрольовану силами охорони смугу місцевості приховано і найкоротшим шляхом. Інакше кажучи, існують найбільш імовірні напрямки руху ЗПП (рисунок 1).

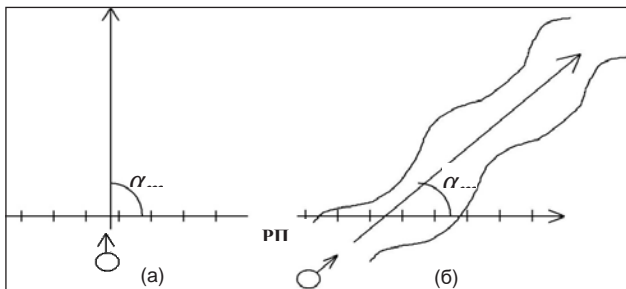


Рис. 1. Математичне прогнозування кута руху правопорушників

Для рівної місцевості вони зазвичай перпендикулярні рубіжу, що охороняється (рубіж первинного виявлення (далі – РПВ)) (рис. 1 (а)). За наявності прихованих виходів до ЯУ (рис. 1 (б)) ці лінії спрямовані уздовж цих виходів.

У процесі руху від РПВ до ЯУ ЗПП піддаються впливу безлічі чинників. У результаті ЗПП рухаються не за наміченою лінією, відхиляються від неї в той чи інший бік на випадковий кут α . Кількість чинників, що впливають на ЗПП, досить велика, і серед них немає таких, що явно домінують. Отже, відповідно до центральної граничної теореми, напрямок руху ЗПП підпорядковується нормальному закону розподілу:

$$f(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \cdot e^{-\frac{(\alpha-\alpha_m)^2}{2\sigma_0^2}},$$

де σ_0 – середньоквадратичне відхилення кута руху ЗПП.

Будемо вважати, що заслін складається з n однотипних нарядів (рис. 2). Види нарядів і засоби, що ними використовуються, залежать від їхніх можливостей, особливостей обстановки, що склалася, і характеру місцевості [9].

У разі виявлення порушника наряд висувається для його затримання зі швидкістю v .

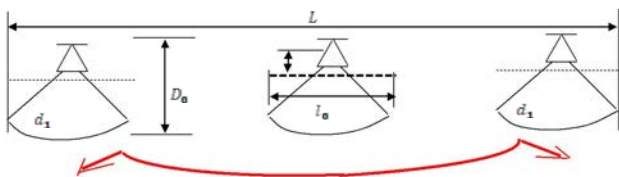


Рис. 2. Модель заслону

На озброєнні наряду може бути засіб виявлення 1-го типу (швидко розгортаємий сигналізаційний засіб тощо), який характеризується: $l^{(1)}$ – протяжністю рубіжу блокування; $p^{(1)}$ – імовірністю виявлення ЗПП; $q^{(1)}$ – коефіцієнтом технічної готовності; $r^{(1)}$ – віддаленням рубіжу від наряду.

Також на озброєнні наряду може бути один і більше засобів виявлення 2-го типу (засіб візуального спостереження, тепловізор, прилад нічного бачення тощо), які характеризуються: $d_{G_i}^{(2)}$ – паспортною дальністю виявлення; $p_i^{(1)}$ – імовірністю виявлення ЗПП; $S^{(2)}$ – сектором спостереження (вважаємо однаковим для всіх видів засобів); $q_i^{(2)}$ – коефіцієнтом технічної готовності.

Характер місцевості на рубіжі переривання дій ЗПП може бути такий, що реальна дальність виявлення виявиться менше паспортної. Для врахування впливу рельєфу і рослинного покриву скористаємося виразом:

$$d_i^{(2)} = \min(d_{G_i}^{(2)}, d_r),$$

де d_r – дальність прямої видимості на рубіжі блокування.

Припустимо, що щільність руху ЗПП у смузі, що прикривається нарядом, рівномірна. Прийmemo для еквівалентного засобу дальність виявлення, рівну максимальній дальності виявлення з наявних засобів, тобто:

$$d_e^{(2)} = d_1^{(2)}.$$

Тоді за формулою повної імовірності ймовірність виявлення еквівалентним засобом буде дорівнювати (уважаючи $d_{n^{(2)},+1}^{(2)} = 0$):

$$p_e^{(2)} = \sum_{i=1}^{n^{(2)}} \frac{d_{i+1}^{(2)} - d_i^{(2)}}{d_1^{(2)}} [1 - (1 - q_i^{(2)} p_i^{(2)}) \cdot (1 - q_i^{(2)} p_i^{(2)})].$$

Наряд заслону може виявити правопорушників еквівалентним засобом 2-го типу у смузі:

$$l_0 = 2d_e \sin(s).$$

Оскільки засіб виявлення 1-го типу лише один, то:

$$p_e^{(1)} = q^{(1)} p^{(1)}, \quad l_0 = 2d_e \sin(s).$$

Аналогічно отримаємо характеристики для узагальненого еквівалентного засобу виявлення, перенумерувавши типи в порядку убавання еквівалентної дальності:

$$l_0 = 2d_e \sin(s), \quad p_e = \frac{1}{l^{(1)}} [(l^{(1)} - l^{(2)}) p_e^{(1)} + l^{(2)} (1 - (1 - p_e^{(1)}) (1 - p_e^{(2)}))].$$

Розглянемо смугу, у межах якої можливе затримання ЗПП, після його виявлення засобом 1-го типу (рис. 3 (а)) і еквівалентним засобом 2-го типу (рис. 3 (б)).

Зазвичай заслон і його наряди повинні переміщуватися обладнаною смугою АВ. Припустимо, що ЗПП рухається в напрямку СВ (у безпосередній близькості від заслону. Уважаючи швидкості

ЗПП і нарядів відомими, знайдемо відстань АВ, на якій усе ще можливе затримання ЗПП.

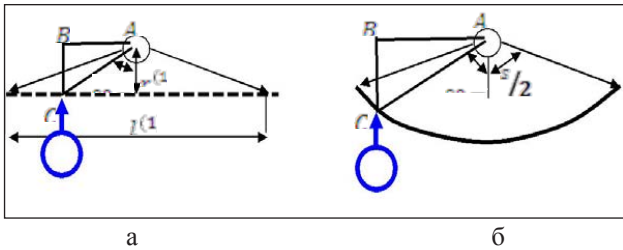


Рис. 3. Смуга, яка контролюється нарядом

Розглянемо трикутник ABC. Його сторони СВ і АВ пропорційні швидкостям руху ЗПП і наряду, тобто:

$$l_0 = 2d_c \sin(\alpha) \text{ або } AB = \frac{r^{(i)}v}{v_n}$$

Для наряду, який використовує засіб виявлення 1-го типу, ширина смуги місцевості, у межах якої можливе затримання ЗПП (точніше, безпосередній контакт із ним), дорівнює:

$$l_k^{(1)} = 2AB = 2 \frac{r^{(i)}v}{v_n}$$

Для наряду, що використовує засіб виявлення 2-го типу, відповідна ширина дорівнює (див. ABC):

$$\beta = \arctg\left(\frac{v_n}{v}\right), l_k^{(2)} = 2AB = 2d_c^{(2)} \cos(\beta)$$

Прийmemo, що смуга для наряду, у межах якої можливий контакт із ЗПП, визначається як середнє смуг:

$$l_k = \frac{p_c^{(1)}l_k^{(1)} + p_c^{(2)}l_k^{(2)}}{p_c^{(1)} + p_c^{(2)}}$$

Тоді смуга, у межах якої можливе як виявлення ЗПП, так і переривання їхніх дій, дорівнює:

$$l = \min(l_0, l_k)$$

Рубіж L заслону не може перевищувати величини nl . Нехай $\kappa = \frac{nl-L}{L}$, є коефіцієнт парного перекриття рубіжу, занятого заслоном. Покладається, що наряди заслона займають рубіж не більше, ніж із подвійним перекриттям (у будь-якій одній точці можливе виявлення ЗПП не більше, ніж двома нарядами).

Умовна ймовірність переривання дій ЗПП заслоном (за умови, що ЗПП вийшов на зайнятий рубіж) дорівнює:

$$R(K) = (1-K)p_z + K[1 - (1-p_z)^2]$$

де p_z – імовірність затримання (нейтралізації) ЗПП за умови наявності контакту між нарядом і ЗПП. Визначається ступінь підготовки нарядів і ЗПП та співвідношення їхньої чисельності.

Наведена глибина смуги, що контролюється заслоном:

$$D_0 = \frac{d_c^{(2)}k}{1} \arctg\left(\frac{1}{\sqrt{4d_c^2k^2 - 1^2}}\right) + \frac{1}{4k} \sqrt{4d_c^2k^2 - 1^2}$$

Використання сучасних технічних засобів виявлення ЗПП із вбудованими можливостями за їхнім супроводженням і наведення на них сил охорони дозволяє значно знизити невизначеність щодо маршруту руху ЗПП. У моделі охорони ЯУ названу можливість можна визначити введенням у модель умовного шляху p_c (рис. 4). Правопорушник може бути виявлений сигналізаційними засобами, стаціонарними або рухомими засобами спостереження. Якщо є лише один із названих засобів, то ймовірна точка виявлення перебуватиме на рубезі цього засобу.

Знайдемо ймовірну точку $A(\xi, \eta)$ виявлення ЗПП (у цілях скорочення обсягу обчислень вважається, що виявлення ЗПП здійснюється в центрі кожного маршруту за віссю ОХ, тобто координата ξ нам відома), коли засобів виявлення кілька.

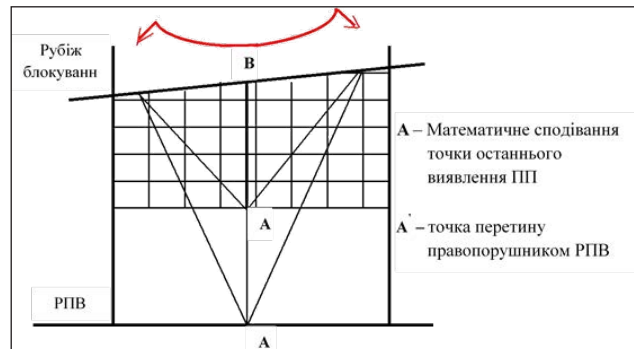


Рис. 4. Зниження невизначеності щодо напрямку руху правопорушників завдяки їх супроводженню засобами виявлення

Будемо вважати, що засоби спостереження і засоби сигналізації можуть використовуватися не більш ніж на 4-х рубезах. Попередньо пронумеруємо рубезі в порядку зростання їхніх координат за віссю ОУ, будемо враховувати тільки ті з них, де названі засоби є. Водночас число засобів виявлення, що враховується, дорівнюватиме:

$$K = \sum_{i=1}^4 x_{ij}$$

де $x_{ij} = \{1; 0\}$ – наявність або відсутність засобу виявлення і-го типу на j-м рубезі. Тоді координата η обчислюється за формулами (згідно з визначенням математичного очікування):

$$\eta = \frac{\sum_{j=1}^K Y_j \hat{p}_j}{\sum_{j=1}^K \hat{p}_j}, \hat{p}_j = 1 - \prod_{k=0}^j (1 - p_k), \theta = \begin{cases} 1, & l=1 \\ K, & l=2 \end{cases}$$

де: p_k – імовірність виявлення ЗПП на k-м рубезі; Y_j – координата Y виявлення ЗПП на

і-м рубежі; 1 – напрямок руху ЗПП (за $l = 1$ ЗПП рухається знизу догори, за $l = 2$ – згори донизу).

У процесі проходження відстані ρ (відрізок А'В) ЗПП може супроводжуватися засобами спостереження. Тим самим знижується невизначеність щодо інформації про точку його виходу на зайнятий заслоном рубіж, отже, збільшується ймовірність переривання дій ЗПП.

Висновки. Отже, соціально-політичні, економічні, військові й інші процеси, що тривають навколо ЯУ, мають не механістичну, а стохастичну, функціональну й інші види причинної залежності. Для дослідження зазначених процесів можуть і повинні застосовуватися методи теорії ймовірностей. Для обладнання рубежу первинного виявлення обрано магнітометричні засоби виявлення як найбільш доцільні, оскільки їхнє функціонування забезпечується практично в будь-якому ґрунті без

інженерної підготовки місцевості, за будь-яких природно-кліматичних умов, їм властиві відносно мале енергоспоживання і вартість, висока експлуатаційна надійність, ремонтпридатність і велика довжина зони виявлення. Вони не потребують технічного обслуговування протягом всього терміну служби, добре маскуються та поміхостійкі, а також спроможні дискримінувати людей і тварин.

Використання сучасних технічних засобів виявлення ЗПП із вбудованими можливостями з їх супроводження і наведення на них сил затримання дозволяє значно знизити невизначеність щодо інформації про маршрут руху ЗПП.

Невизначеність щодо відомостей про точку виходу ЗПП на зайнятий заслоном рубіж знижується завдяки супроводжуванню засобами спостереження ЗПП у процесі проходження ним відстані з моменту виявлення.

Список літератури:

1. Радаев Н.Н. Террористическая угроза: количественная оценка для конкретного объекта. *Вопросы анализа риска*. 2007. № 3. С. 12–16.
2. Радаев Н.Н. Приближенные оценки защищенности объектов от террористических действий. Оценка эффективности. *БДИ : журнал*. 2007. № 3 (72). С. 28–32.
3. Радаев Н.Н. Формализация нарушителя в задаче оценки эффективности системы физической защиты объекта. Оценка эффективности. *БДИ : журнал*. 2008. № 1 (76). С. 16–22.
4. Голубок М.Г. Математична модель подолання правопорушником фізичних бар'єрів периметру забороненої зони особливо важливих об'єктів. *Збірник наукових праць ХНУПС*. 2015. № 4 (45). С. 163–166.
5. Голубок М.Г. Математична модель перехоплення зовнішнього правопорушника на підступах до життєво-важливих центрів АЕС з урахуванням часу подолання фізичних бар'єрів забороненої зони. *Системи обробки інформації : збірник наукових праць ХНУПС*. 2016. № 5 (142). С. 71–76.
6. Звезинский С.С. Возможности новых магнитометрических средств обнаружения для охраны гражданских и военных объектов. URL: <http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2005/06/20050603.pdf> (дата звернення 19.12.2015).
7. Звезинский С.С. Проблема выбора периметровых средств обнаружения. Оценка эффективности. *БДИ : журнал*. 2002. № 4 (44). С. 36–41.
8. Звезинский С.С., Ларин А.И. Периметровые маскируемые магнитометрические средства обнаружения. *Специальная техника*. 2001. № 4. С. 8–14.
9. Довбня В.В. Комплекс математических моделей для визначення району блокування незаконних збройних формувань та параметрів системи спостереження рубезем блокування. *Системи озброєння і військова техніка : науковий журнал ХНУПС*. 2007. № 3 (11). С. 34–41. 34–41.

Golubok M.G, Kovalyov I.V., SHCHERBAK V.YA. MODELING OF EXTERNAL RIGHTS AND POWER PROTECTION BETWEEN THE NUCLEAR SATELLITE PROTECTION RANGE

The article presents the mathematical model of the actions of the external offender and the security forces within the sanitary-protective zone of the nuclear installation, which takes into account the structure of the system for detecting external invasion, as well as the preparedness and equipment of the security forces and the nature of the relief and vegetation cover at the border of the interruption of the actions of the external offender. The possible way of the actions of the security forces to detect and interrupt the promotion of an external offender within the sanitary protection zone of a nuclear installation is considered. The necessity of modern magnetometric means of detection for signaling blocking of separate extended boundaries of the sanitary protection zone on the approaches to a nuclear installation is grounded. The approach to the application of magnetic detection equipment fixed in the system of nuclear facilities in the sanitary protection zone. The main tactical and technical characteristics of stationary magnetometric detection devices are considered. The influence of relief and vegetation of the area at the turning point of the interruption of the actions of the external offender on the range of detection by means of visual observation of the security forces is determined.

The random angle of deviation from the intended line of the foreign offender from the initial detection of the sanitary protection zone to the vital centers of the nuclear installation under the influence of certain factors is determined. The approach to the use of modern technology to detect the external offender with built-in capabilities for their support and guidance they force protection. The conditional probability of interruption of the actions of the external offender by the security forces is determined. The depth of the band, within which it is possible to identify an external offender, as well as interruption of its actions, is given, depending on the equipment with the means of detection and support of the security forces.

Key words: *outer offender, health, nuclear installation, detection, elimination, probability of interception, detection, mathematical model.*