

Thus, the expression of sorption properties of metallurgical slag in relation to organic dyes is shown. It was determined that an increase in sorption capacity of slag is due to the increase in the fraction of the amorphous state of substances and increase of surface area of slag at its acid activation.

*Биценко Д., магістр*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **КОМПЛЕКСУВАННЯ РАДАРА ТА ВІДЕОКАМЕРИ ПРИ АВТОНОМНІЙ НАВІГАЦІЇ РОБОТІВ НА НЕЗНАЙОМІЙ МІСЦЕВОСТІ**

Виявлення наземних орієнтирів відповідними пристроями мобільного автономного робота (радаром, ультразвуковим далекоміром, відеокамерами) супроводжується низкою проблем, які потрібно вирішувати.

*Орієнтиром* будемо називати будь-який зосереджений об'єкт природного або штучного походження, який може бути надійно виявлений роботом на місцевості і від якого буде здійснюватися відлік координат.

*Наземний орієнтир*, як правило, повинен мати невеликі розміри в горизонтальній площині. Він у більшості випадків є нерухомим і повинен виявлятися на фоні нерухомих об'єктів навколишньої місцевості. Для відеокамер цей факт є сприятливим, але для радара та ультразвукового далекоміра, навпаки, значно ускладнює процес виявлення. Це обумовлено тим, що сигнали, що відбиті від орієнтира та навколишньої місцевості, майже не відрізняються між собою.

В роботі «Determination of landmarks by mobile robot's vision system based on detecting abrupt changes of echo signals parameters», що була представлена на 44<sup>th</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society в Окрузі Колумбія в жовтні 2018 року професором Полярусом О.В., доцентом

Поляковим Є.О., та Ліндер Лінелем показано, що виявлення орієнтирів роботом може реалізовуватись з високою ймовірністю в процесі швидкого сканування простору антеною за рахунок оцінювання стрибків параметрів сигналів (зокрема, амплітуди), які виникають при скануванні. Зменшення ширини діаграми спрямованості (ДС) антени дозволяє отримати сигнал, відбитий фактично тільки від орієнтиру, але аналогічний сигнал можна отримати від елемента місцевості, тобто радар не здатний розрізнити сигнали від орієнтира та місцевості навіть при істотному збільшенні коефіцієнта підсилення антени, потужності передавача та чутливості приймача. Такий висновок підходить і для ультразвукового далекоміра. Збільшення коефіцієнта підсилення антени потребує зменшення довжини хвилі або істотного збільшення розмірів антени, що неприпустимо для робота.

Найбільш потужне розсіювання електромагнітних хвиль (ЕМХ) відбувається в резонансному діапазоні, тобто не при малих довжинах хвиль, оскільки реальні наземні орієнтири мають метрові розміри. Хвилі з малою довжиною (сантиметровий, міліметровий діапазони) розсіюються від трави, листя, дрібних нерівностей поверхні землі та об'єктів, а також від великих частин рельєфу місцевості. На вході приймача часто існує потужний шум за рахунок розсіювання хвиль від дрібномасштабних неоднорідностей рельєфу. ЕМХ метрового діапазону практично не розсіюються на дрібномасштабних нерівностях. В напрямку на приймальну антену радара робота приходять сигнали, що відбиті від дзеркальних точок поверхні місцевості. Дзеркальними точками поверхні будемо називати такі точки, в яких промінь, проведений з фазового центру антени радара робота, є ортогональним дотичній площині до поверхні в цій точці. Якщо область на поверхні, що охоплює дзеркальну точку, є сумірною за розмірами з областю істотною для відбиття (першою зоною Френеля), то енергетичні характеристики відбитого сигналу, наприклад, амплітуда, є високими. В кутових межах ДС антени можна очікувати появлення декількох дзеркальних точок, а, значить,

декількох відбитих сигналів з різними у загальному випадку амплітудами і фазами. Кількість дзеркальних точок є невідомою наперед. В окремих випадках їх кількість можна оцінити з допомогою відеокамер.

Отже, в розкритті антени створюється інтерференційне поле електромагнітних хвиль від невідомого числа відбитих хвиль і до їх числа може належати і ЕМХ, що відбивається від орієнтира. Якраз ця хвиля має практичний інтерес, але її важко відділити від інших відбитих хвиль, використовуючи тільки відбиті сигнали, що випромінювались радаром.

Нехай  $A_i(t)$  є амплітудою сигналу, що відбивається від  $i$ -ої дзеркальної точки поверхні рельєфа місцевості, а  $j_i(t)$  - його фаза. На приймач радара поступає сумарний сигнал амплітудою  $A_r(t)$  та фазою  $j_r(t)$ . Згідно з методом комплексних амплітуд

$$A_r(t)e^{-j_r(t)} = \sum_{i=1}^n A_i(t)e^{-j_i(t)}, \quad (1)$$

де  $n$  - наперед невідоме число сигналів, відбитих від дзеркальних точок та наземного орієнтира (орієнтирів). Фази сигналів  $j_i(t) = k\psi_i(t)$  є функцією відстаней  $r_i(t)$  від фазового центру антени до  $i$ -ої дзеркальної точки та довжини хвилі  $l$ , оскільки хвильове число  $k = \frac{2\pi}{l}$ .

В рівнянні (1) відомими функціями є  $A_r(t)$ ,  $j_r(t)$ , які вимірюються або можуть вимірюватись. Невідомі функції  $A_i(t)$ ,  $j_i(t)$  не можуть бути однозначно визначені з рівняння (1) навіть при відомому  $n$ . З іншого боку, більшість цих функцій не потрібні для навігації роботів, а тільки сигнал, що відбитий від орієнтиру, може використовуватись для обробки та аналізу.

Міліметровий радар забезпечує відносно високу розрізнявальну здатність по дальності, але має низьку кутову розрізнявальну здатність (azimuth/elevation). CCD камера, навпаки, має високу просторову

розрізнявальну здатність, але низьку точність оцінки дальності до об'єкта, як це показано в публікації для International Journal of ITS Research, «Moving Obstacle Segmentation Using MMW Radar and Image Sequence» авторства Shigeki Sugimoto, Hidekazu Takahashi, Masatoshi Okutomi. Отже, ММХ радар та камера взаємно доповнюють одна одну.

Література:

1. Poliarus O. V., Poliakov Ye. O., Lindner L. Determination of landmarks by mobile robot's vision system based on detecting abrupt changes of echo signals parameters. - The 44 th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – Washington D. C., USA, October 21-23, 2018, pp. 3165...3170.;

2. Shigeki Sugimoto, Hidekazu Takahashi, Masatoshi Okutomi. Moving Obstacle Segmentation Using MMW Radar and Image Sequence. – International Journal of ITS Research, 2004, vol. 2, No 1, pp. 55...65].

*Гулієв Е .І., студент групи ММ-61-22*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Для прийняття рішення людиною щодо стану технічних об'єктів (ТО) та навколишнього середовища (НС), як правило, використовуються графіки чи таблиці. При невеликій кількості фізичних параметрів об'єкта або середовища таке подання даних часто цілком задовольняє фахівців. Якщо кількість одночасно вимірюваних параметрів є великою, їх візуальний аналіз являє собою складне завдання і часто зводиться до вибору двох основних параметрів або знаходження кореляції між різними фізичними параметрами, що змінюються в часі та просторі.

На цей час існує добре розвинутий апарат подання інформації на основі геоінформаційних систем, в яких збирають, зберігають в цифровому вигляді,