

Рудько И.М. Структурная систематизация критериев для классификации лесных дорог

Выделены, проанализированы и систематизированы качественные признаки и количественные критерии для классификации лесных дорог. На этой основе, с учетом требований действующих нормативных документов, разработана структурная классификация лесных дорог как технических элементов ведомственного транспорта. Отмечена необходимость регулярного обновления классификации в зависимости от применяемых транспортных технологий в производстве и возможного изменения нормативно-правовой базы. Обоснована потребность четкого выделения целевого назначения, видов, типов, характеристик и категорий лесных дорог в процессе их дифференциации.

Ключевые слова: ведомственный транспорт, лесные дороги и пути, классификационные критерии.

Rud'ko I.M. Structural Systematization of Criteria for the Classification of Forest Roads

Some qualitative features and quantitative criteria systematized for classification of forest roads are distinguished, analysed, and systematised. On this basis, structural classification of forest roads is worked out as technical elements of department transport considering the requirements of existing regulations. The necessity of the regular updating of the classification depending on the applied transport technologies in production and possible change of regulatory framework is highlighted. The necessity of accurate allocation of purpose, kinds, types, characteristics and categories of forest roads in the course of their differentiation is proved.

Keywords: department transport, forest roads and ways, classification criteria, regulations.

4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 004.[02+35+9]

Ст. наук. співроб. В.В. Грицик, д-р техн. наук –
Тернопільський НТУ ім. Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВДАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ РОЗПІЗНАВАННЯ ГРАНИЦЬ ЗАЛЕЖНО ВІД СПЕКТРАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ

Наведено результати дослідження щодо можливості побудови методики об'єктивного вибору фільтра знаходження границь шляхом встановлення залежності ефективності методу знаходження контурів від рівня освітленості. Досліджено стійкість фільтрів пошуку контурів до впливу такого зовнішнього чинника як світло. Порівняно переваги і недоліки кожного з фільтрів. Проведене дослідження є першою частиною дослідження, що дасть змогу розробити методику об'єктивного вибору оптимального фільтра для поточних умов. Це дасть змогу повністю автоматизувати процес пошуку контурів, незважаючи на вплив такого фактора як освітлення. Досліджено роботу операторів Робертса, Кенні, Собеля, Щарра. Процедура об'єктивної оцінки якості виконує математичний апарат на базі штучної нейронної мережі (класичний одношаровий персептрон).

Вступ. Загалом проблема в комп'ютерному зорі, оброблянні зображень і машинному зорі – це визначення того, чи містять відеодані деякий характерний образ (об'єкт, особливість, дію чи бездіяльність). Цю проблему може достовірно і легко вирішити людина, але її досі не вирішено задовільно у комп'ютерному зорі: випадкові об'єкти у випадкових ситуаціях. Окрім цього, багато методів працює задовільно в одних ситуаціях та погано в інших. Актуальність проблеми найкраще показано у британських дослідженнях [1, 2]: з'ясовано, що жовті тони видаються набагато яскравішими взимку та пізньої осені, ніж влітку та навесні, спостерігаючи за тим, як група з шістдесяти добровольців сприймала базові кольори в різні сезони року. Як виявили вчені, постановка експерименту була дуже простою – вони приводили чергового добровольця до кімнати, вимикали світло, за кілька хвилин вмикали монітор і просили учасників дослідів підібрати той відтінок, який їм здавався жовтим, без домішок червоного або зеленого.

Порівнявши результати дослідів у різні пори року, дослідники виявили, що людське око, незалежно від індивідуальних особливостей зору, абсолютно по-різному сприймає те, що його господар вважає чистим жовтим або зеленим кольором. Наприклад, протягом літа ідеальний жовтий зсувається в бік синьої частини спектра, а взимку – в бік червоних тонів. Якщо вживати фізичні терміни, то довжина хвилі для кожного з цих кольорів варіювалася на 1,5-2 нанометра протягом літа та зими. Це досить неістотна відмінність для людини, однак високочутливі фотосенсори будуть вважати "зимовий" та "літній" жовтий і зелений різними відтінками.

Один і той же об'єкт люди бачать по-різному – для кожного він свого кольору, з'ясували науковці в ході нових досліджень. Те, що особисто ви сприймаєте як червоний колір, інші можуть сприймати як ваш синій [2]. На погляд дослідників, наше сприйняття кольору формується під впливом зовнішньо-

го світу, але прив'язаний до зумовленого шаблону. Отже, всупереч усталеним уявленням, червоний, який є кольором крові, полуниці і планети Марс, деякі люди можуть сприймати як синій колір. Ці дослідження акцентують на потребі розроблення методики і методів, що дадуть змогу комп'ютерам адаптуватися до поточних ситуацій.

Мета роботи – встановлення залежності ефективності методу знаходження контурів від рівня освітленості.

Основна частина

Попередня обробка. Найоптимальнішою колірною системою для задачі розпізнавання образів є система RGB, оскільки СМΥК більше призначена для поліграфії, а HSB та її різновиди – для вибору кольору з палітри безпосередньо користувачем. Попереднє оброблення зображення охоплює комплекс процесів, які по суті покращують видимість об'єктів, спрощують структуру зображення, частково або повністю усувають завади на зображенні, якщо такі існують.

Колірна субдискретизація. Найкращим методом спрощення структури зображення з метою зменшення кількості обчислень під час подальшого оброблення є перетворення його у монохромне, а саме у градації сірого – колірний режим, який представляється як еталон яскравості білого кольору, що знаходяться у вигляді таблиці. Частіше за все використовують ступінчасте зображення рівномірного ряду оптичних щільностей нейтрально-сірих полів. Цей процес доволі простий для розуміння – для кожного пікселя застосовується операція додавання його трьох колірних значень, помножених на коефіцієнт. Внаслідок отримаємо значення відтінку сірого для цього пікселя, трьох-канальний формат зображення переводиться в одно-канальний, кожне значення пікселя вимірюється в межах одного байта [0; 255], де 0 означає чорний колір, а 255 – відповідно білий. Для попереднього оброблення зображення використано фільтр за методом Гауса.

Фільтр Гауса. Характерний фільтр розмиття зображень, який використовує нормальний розподіл для обчислення перетворення, яке застосовується до кожного пікселя зображення. Рівняння Гауса для двовимірного випадку виглядає так:

$$a_{ij}(u, v) = 1 + \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{u^2+v^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

де: u^2+v^2 – радіус розмиття (u – це відстань від початку координат в осі абсцис, v – це відстань від початку координат у осі ординат); σ – стандартне відхилення розподілу Гауса. Значення кожного пікселя стає середнім зваженим для околиці. Початкове значення пікселя приймає найбільшу вагу, а сусідні – меншу, залежно від відстані. На практиці, коли вираховується дискретне значення функції Гауса, не враховують пікселі на відстані вище 3, оскільки вони дуже малі. Отже, програмі, що фільтрує зображення, достатньо розрахувати матрицю [6]×[6], для гарантування достатньої точності наближення розподілу Гауса (рис. 1).

$$\frac{1}{115}$$

$$\sigma=1.4$$

2	4	5	4	2
4	9	12	9	4
5	12	15	12	5
4	9	12	9	4
2	4	5	4	2

Рис. 1. Маска Гауса 5×5 для $\sigma=1,4$

Вибір методів виділення контурів на зображенні. Наступним кроком після видалення шумів є виділення контурів на зображенні, це один з ключових етапів оброблення зображення, оскільки без виділення контурів знайти об'єкти на зображенні буде дуже важко.

Перехресний оператор Робертса – це класичний алгоритм виділення границь, який обчислює суму квадратів різниць між пікселями-сусідами по діагоналі. Ця операція виконується двома ядрами:

$$\begin{bmatrix} +1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ та } \begin{bmatrix} 0 & +1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Відповідно, кожний піксель обраховується за правилом:

$$T_1 = |p(x, y) - p(x+1, y+1)|, \quad T_2 = |p(x+1, y) - p(x, y+1)|, \quad outP(x, y) = \sqrt{T_1^2 + T_2^2},$$

де: $p(x, y)$ – піксель вхідного зображення з координатами x та y ; а $outP(x, y)$ – піксель нового зображення з відповідними координатами.

Перетворення кожного пікселя оператором Робертса може показати похідну зображення вздовж ненульової діагоналі, а комбінація цих перетворених зображень може розглядатись як градієнт від двох верхніх пікселів до двох нижніх. Цей оператор все ще застосовується завдяки швидкості обчислень, але він програє багатьом іншим фільтрам, і його значним недоліком є чутливість до шуму. Він дає тонші лінії, ніж, наприклад, оператор Собеля, але його унікальною особливістю є те, що він може застосовуватись відразу на полігоні вхідного зображення, і не треба створювати нове зображення.

Оператор Собеля. Дискретний диференціальний оператор, який обчислює значення градієнта яскравості зображення. Внаслідок застосування оператора Собеля в кожній точці зображення знаходиться або вектор градієнта яскравості, або його норма. Алгоритм оснований на згортці зображення в вертикальному і горизонтальному напрямках, тому не вимагає досить важких обчислень. З іншого боку, апроксимація градієнта виходить доволі грубою, особливо це помітно на високочастотних коливаннях зображення. Оператор застосовує ядра 3×3, які виконують згортку зображення. Нехай G_x та G_y – два зображення, де кожна точка містить наближені похідні по x та y , A – початкове зображення, тоді:

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * A \text{ та } G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A$$

де символ * означає операцію згортки. Координата x тут зростає направо, а y – вниз. Тепер можна вирахувати наближені значення градієнта

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}.$$

Ця операція застосовується до кожного пікселя. Вихідне зображення G і буде результируючим, з виділеними контурами. Також можна вчислити напрямки градієнта в кожній точці:

$$\theta = a \tan\left(\frac{G_x}{G_y}\right).$$

Оператор Собеля можна реалізувати простими технічними і програмними засобами. Програмна реалізація оператора Собеля може ефективно використовувати SIMD-розширення системи команд сучасних процесорів, при цьому виграш у швидкості, порівняно з високорівневою реалізацією, буде в 5 разів. Одним з видозмінених операторів Собеля є **оператор Щарра**, який згладжує паразитні ефекти на зображенні, використовуючи ядро:

$$\begin{bmatrix} +3 & +10 & +3 \\ 0 & 0 & 0 \\ -3 & -10 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} +3 & 0 & -3 \\ +10 & 0 & -10 \\ +3 & 0 & -3 \end{bmatrix}.$$

Оператор Кенні. Розробив у 1986 р. Джон Кенні, цей оператор застосовує багатоетапний алгоритм для знаходження широкого спектра границь на зображеннях. На відміну від інших операторів, оператор Кенні не обмежується тільки на обчисленні градієнта. У контурі границі залишаються тільки точки максимуму градієнта, а не максимальні точки, які знаходяться поряд з границею – видаляються. Якщо значення градієнта де-небудь на фрагменті перевищить поріг, то цей фрагмент залишається також допустимою границею. Якщо на всьому фрагменті немає жодної точки зі значенням, більшим за верхній поріг, то він видаляється.

Основні етапи алгоритму:

- Видалення шумів (згладжування) за допомогою вже описаного фільтра Гауса.
- Пошук градієнта, який традиційно виконується також вже описаним оператором Собеля.
- Визначення і заокруглення кутів напрямку вектора градієнта, допустимі значення: 0, 45, 90, 135.
- Заглушка не максимумів – тільки локальні максимуми відзначаються як границі.
- Подвійна порогова фільтрація – потенційні границі визначаються порогоми.
- Трасування області неоднозначності. Результируючі границі визначаються шляхом заглушки всіх країв, які не зв'язані зі "сильними" границями.

Результируюче зображення буде містити пікселі зі значеннями суворо 0 і 255, тобто тільки абсолютно чорні і абсолютно білі, що значно полегшує процес розпізнавання об'єктів. Оператор Кенні значно менш чутливий до шуму, ніж оператори Робертса та Собеля.

Вибір методу оцінки якості роботи операторів контуру

Серед найбільш поширених підходів можна виділити три:

- метод перебору вигляду об'єкта під різними кутами, масштабами, зсувами й т. ін. Для букв потрібно перебирати шрифт, властивості шрифту і т. ін.;
- другий підхід – досліджувати властивості контуру об'єкта (зв'язність, наявність кутів і т. ін.);
- третій підхід – використовувати штучні нейронні мережі. Цей метод вимагає або великої кількості прикладів задачі розпізнавання (із правильними відповідями), або спеціальної структури нейронної мережі, що враховує специфіку даної задачі.

Для оцінки якості роботи оператора в різних спектральних умовах вибрано метод, що використовує парадигму штучних нейронних мереж. Перші два підходи більш статичні, оскільки передбачають перевірку "за шаблоном", в тоді як штучні нейронні мережі здатні до більш природного навчання і в певному розумінні можуть пристосовуватися до умов експерименту. Серед багатьох видів нейронних мереж вибрано простий одношарий перцептрон [5-12]. Схематичний приклад такого перцептрона подано на рис. 2.

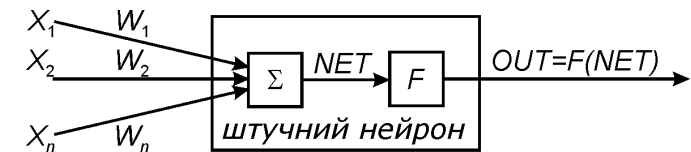


Рис. 2. Структура нейронного елемента в одношаровій НМ

На рис. 2 NET – суматор добутку входів на відповідні вагові відношення зі входами даного нейронного елемента:

$$Net = \sum_{i,j=1}^{n,k} x_i \cdot w_{ij} \quad \text{та} \quad Out = F(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}},$$

де F – активаційна функція. Одношарова нейронна мережа є оптимальним варіантом, оскільки у неї доволі простий та ефективний математичний опис, а її потужності цілком достатньо для поставленої задачі.

Висновки. Досліджено, що найшвидший оператор Робертса, який у середньому на 10-15 % швидший від інших операторів. Оператор Кенні, в якому ведеться найбільша кількість обчислень, незважаючи на це, показав фактично однакові результати з операторами Собеля, Превітта та Щарра. Середні показники FPS за різних операторів і ситуацій показують, що оператор Щарра виявився найбільш стійким до поганого освітлення, причиною цього є доволі грубе, порівняно з іншими операторами, виділення контурів, і більш яскраве вихідне зображення, однак він непридатний до зображень з яскравим освітленням і високою зашумленістю, через його високу чутливість. Для яскравого світла підходить оператор Робертса, Собеля, Кенні.

У подальших роботах плануємо дослідити момент оптимального переходу від фільтра до фільтра.

Література

1. Lauren E. Welbourne, Antony B. Morland, Alex R. Wade "Human colour perception changes between seasons". [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.cell.com/current-biology/abstract/S0960-9822%2815%2900724-1>.
2. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.newsru.ua/arch/world/02jul2012/3cveta.html>
3. [Electronic resource]. – Mode of access <http://robocraft.ru/blog/computervision/460.html>
4. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.cyberforum.ru/csharp-beginners/thread1093557.html>
5. Уосермен Ф. Нейрокомп'ютерна техніка: Теорія і практика / Ф. Уосермен. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.victoria.lviv.ua/html/wosserman/>
6. McCulloch W.W., Pitts W. 1943. A logical calculus of the ideas imminent in nervous activiti. Bulletin of Mathematical Biophysics 5. – Pp. 115-33. (Російський переклад: Маккаллоу У.С., Піттс У. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной деятельности. Автоматы. – М. : Изд-во Иностран. лит-ры. – 1956).
7. Pitts W. McCulloch W.W. 1947. How we know universals. Bulletin of Mathematical Biophysics 9. – Pp. 127-47.
8. Rosenblatt F. 1962. Principles of Neurodynamics. – New York : Spartan Books. (Російський переклад: Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики. – М. : Изд-во "Мир", 1965).
9. Widrow B. 1961. The speed of adaptation in adaptive control system, paper *1933-61. American Rocket Society Guidance Control and Navigation Conference.
10. Widrow B. 1963. A statistical theory of adaptation. Adaptive control systems. – New York : Pergamon Press.
11. Widrow B., Angell J.B. 1962. Reliable, trainable networks for computing and control. Aerospace Engineering 21. – Pp. 78-123.
12. Widrow B., Hoff M.E. 1960. Adaptive switching circuits. 1960 IRE WESCON Convention Record. – Part 4. – Pp. 96-104. – New York : Institute of Radio Engineers.

Грицик В.В. Исследование задачи выбора метода распознавания границ в зависимости от спектральных условий

Приведены результаты исследования возможности построения методики объективного выбора фильтра нахождения границ путем установления зависимости эффективности метода нахождения контуров уровня освещенности. Исследована устойчивость фильтров поиска контуров к влиянию такого внешнего фактора как свет. Рассмотрены преимущества и недостатки каждого из фильтров. Проведенное исследование является первой частью исследования, что позволит разработать методику объективного выбора оптимального фильтра для бегущих условий. Это позволит полностью автоматизировать процесс поиска контуров, несмотря на влияние такого фактора как освещение. Исследована работа операторов Робертса, Кенни, Собеля, Шцарра. Процедура объективной оценки качества выполняет математический аппарат на базе искусственной нейронной сети (классический однослойный перцептрон).

Hrytsyk V.V. The study of the Problem of Choosing of Border Detection Method Depending on the Spectral Values

The aim is to show the results of a study on the possibility of constructing an objective methodology of selection filter by setting limits depending on the efficiency of the method of the paths of light levels. The filter search paths stability to the influence of external factors such as light is considered in this work. The advantages and disadvantages of each filter are compared. The study is the first part of the research that will develop a method of choosing of the optimal objective filter to real time conditions. Results will fully automate the process of finding paths in spite of the influence of such factors as lighting. The works of such operators as Roberts, Kenny, Sobel, and Scharra are studied. The procedure takes an objective assessment of the quality is done by mathematical tools based on artificial neuron network (classic single-layer perceptron).

Keywords: border detection method, filter, lighting, artificial neuron network.

УДК 621.396.6 Проф. В.В. Атаманюк, канд. техн. наук – Національна Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІВ РОЗСІЮВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ І СЦЕН

Проаналізовано методи отримання характеристик розсіювання складних радіолокаційних об'єктів. Розглянуто математичну модель радіолокаційних сигналів від мультиспектральної фоноцільової обстановки, заданої у вигляді полігональної моделі. Запропоновано підхід, який ґрунтується на дослідженні поля, розсіяного складним об'єктом на поверхні приймальної апертури як функції несної частоти зондуючого сигналу та координат фрагментів формоутворювальної поверхні. Внаслідок цифрового моделювання отримано характеристики розсіювання складних об'єктів, які мають практичну цінність.

Ключові слова: складний радіолокаційний об'єкт, розсіювання електромагнітних хвиль, полігональна модель, характеристики розсіювання об'єктів.

Вступ. Застосування радіолокаційних засобів є найбільш дієвим підходом для виявлення віддалених об'єктів, вимірювання параметрів руху, а також їх розпізнавання (ідентифікації) незалежно від погодних умов і наявності природного чи штучного освітлення. Серед перерахованих задач, які успішно вирішуються за допомогою радіолокаційних засобів, найбільш складною є задача розпізнавання. Вирішення цієї проблеми пов'язано з дослідженням характеристик розсіювання складних об'єктів і підстильних поверхонь [1-5]. Однак і на сьогодні ця проблема не має прямого та однозначного вирішення. Тому спроби започаткувати нові підходи до пошуків розв'язків зазначеної проблеми є актуальним і важливим як для науки, так і для практики завданням.

Мета роботи – проаналізувати відомі методи отримання радіолокаційних характеристик розсіювання складних об'єктів, здійснити пошук нових підходів до можливості застосування математичного моделювання розсіяного ними поля для їх ідентифікації.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Від самого початку широкого використання радіолокаційних станцій проєктвальники намагаються якомога точніше розв'язати задачу розрахунку характеристик радіолокаційних сигналів, розсіяних різноманітними об'єктами.

Отримання інформації про розсіяне поле можливе в разі використання експериментальних методів. Однак вимірювання параметрів поля у широкому частотному діапазоні (до 10 ГГц), великому динамічному діапазоні (до 60 дБ) та на ділянці простору (кілька метрів) якщо і можливе, то є надзвичайно дорогим. Теоретично поле, розсіяне складним об'єктом, можна визначити шляхом розв'язання рівнянь Максвелла для граничних і початкових умов, які відповідають складному об'єкту – радіолокаційній цілі. В області без джерел повне поле задовольняє таке хвильове рівняння:

$$\nabla^2 U_i(R,t) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 U_i(R,t)}{\partial t^2} = 0, \tag{1}$$

де: $U_i(R,t)$ – векторні складові поля, $i=x, y, z$ – просторовий індекс.

Однак можливість отримання точних рішень обмежена тілами простої форми (сфера, конус, тор та ін.) внаслідок відомих проблем формалізації проце-