

RECOGNITION OF MICROORGANISMS USING NEURAL NETWORKS

Tomáš WALEK, Master Degree Programme (5)
Dept. of Intelligent Systems, FIT, BUT
E-mail: xwalek00@stud.fit.vutbr.cz

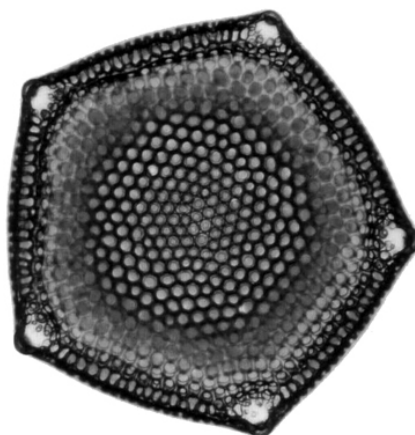
Supervised by: Ing. Martin Dražanský

ABSTRACT

Neuronal network based shape recognition of diatoms is presented in this paper. First a short survey of microorganisms – diatoms is presented. Some image improvement algorithms, which are used to extract structure characteristics of the diatom, are also described. The main part of this work concentrates on neuronal network based shape recognition. This paper introduces some results of experiments with neuronal network. Finally, future steps and methods are proposed.

1 ÚVOD

Jednou z mnoha oblastí využití inteligentních algoritmů je i biologie. V tomto konkrétním případě se jedná o rozpoznávání mikroorganismů – diatomů. Jsou to jednobuněčné řasy, které se vyskytují téměř všude na zemi. Nejvíce jsou zastoupeny v mořském planktonu. Diatomie jsou nejpočetnějším druhem řas, na Zemi je možno nalézt přibližně 35 000 druhů.



Obr. 1: Příklad rozpoznávané diatomie – *Triceratium grande* var. *pentagonia*

Moderní databáze diatomí sestávají téměř výhradně z mikrofotografií. Pro tento projekt však byla k dispozici pouze databáze kreseb. Dodatečné informace o měřítku, ve kterém je diatomie nakreslena, byly rovněž k dispozici.

2 ALGORITMY PRO ÚPRAVU OBRAZU

Některé obrázky obsahují nezřetelné detaily, mají přerušované linie, nebo jsou jinak poškozené. Tyto diatomie musí být z databáze manuálně odstraněny, zbývající mohou být dále zpracovávány. Cílem níže popsaných metod pro úpravu obrazu je extrahovat kompletní obrys diatomie, který bude dále použit pro rozpoznání geometrického tvaru. Jedná se především o tyto algoritmy:

- Binarizace – konverze vstupní barevné či monochromatické bitmapy do binárního formátu.
- Úprava jasu a kontrastu – zlepšení jasových vlastností obrazu za účelem zvýraznění některých strukturních vlastností diatomí.
- Ztenčování struktury – zúžení různě širokých hran na tloušťku 1 pixelu, stejně tak i odstranění pixelů ležících mimo obrysové hrany. Vnitřní struktura diatomie je uchována pro další zpracování.
- Skeletizace – zde je zahrnuta korekce poškozených a nekompletních linií kresby, případně provedení dalších korekcí s cílem získat kompletní neporušený obrys (skelet) diatomie.

Na závěr je nutno bitmapu s obrysem diatomie normovat, aby ji bylo možno použít jako vstup pro neuronovou síť. Normalizací diatomie zahrnuje:

- Úpravu rozměrů bitmapy na 200 x 200 pixelů, což je předpokládaná velikost vstupu pro klasifikátor.
- Rotaci – všechny obrysy diatomí jsou pootočený tak, aby byly stejně orientovány, čímž lze zabránit tomu, aby např. dvě shodné, pouze navzájem o 90 stupňů pootočené elipsy, byly rozpoznány jako různé tvary.
- Centrování - obrys diatomie je v bitmapě horizontálně i vertikálně zarovnán na střed.

3 KLASIFIKACE TVARU

Důležitou částí rozpoznávacího řetězce je určování tvaru mikroorganismu, resp. zařazení do některé z nabídnutých tříd geometrických tvarů. Obrysová struktura diatomie dosahuje v přírodě mnoha různých tvarů, mezi základní rozpoznávané třídy klasifikace patří kruh, elipsa, trojúhelník, čtyřúhelník, pětiúhelník, šestiúhelník, sedmiúhelník, osmiúhelník a „měsíček“ (tj. diatomie připomínající svým obrysem měsíc při dorůstání).

Klasifikace tvaru diatomie je prováděna s pomocí neuronové sítě back propagation network (BPN). Jedná se o dopřednou neuronovou síť, jejíž váhy jsou nastavovány na základě zpětného šíření chyby. Pro tento příklad byla zvolena konfigurace sítě obsahující pouze jednu skrytou vrstvu. Vstupní vrstva sítě obsahuje 40 000 neuronů, pro každý pixel vstupního obrázku právě jeden neuron, čili pro klasifikaci se předpokládá vstupní bitmapa o rozměrech

200 x 200 pixelů. Výstupní vrstva obsahuje pouze 4 neurony, s jejichž pomocí je možno v binární soustavě zakódovat $16 = 2^4$ různých geometrických útvarů, tříd klasifikace. Výsledkem klasifikace obrysu diatomie je pak zařazení do té třídy obrysů, jejíž výstupní konfigurace neuronů dosáhla.

3.1 EXPERIMENTY S NEURONOVOU SÍTÍ

V průběhu vývoje aplikace se parametry neuronové sítě často měnily. První verze byla navržena tak, aby pracovala se vstupní bitmapou velikosti 50 x 50. Výhodou měla být vysoká rychlost výpočtu, což se potvrdilo, ale neuronová síť nebyla schopna se správně naučit všechny struktury, protože při tak malých rozměrech rozdíly mezi nimi téměř splývaly. Velikost vstupní vrstvy se tedy ustálila na $200 \times 200 = 40\,000$ neuronech.

Neuronová síť pracuje jen s jednou skrytou vrstvou. Počet neuronů v této vrstvě se také změnil na základě porovnání výsledků experimentů. Ve finální verzi se ustálil na 500 neuronech, což se ukázalo být optimálním kompromisem mezi délkou učení neuronové sítě a procentem úspěšnosti rozpoznávání. Při menším počtu neuronů se často stalo, že síť se naučila rozpoznávat jen některé tvary, při několikanásobně vyšším počtu neuronů pak učení zabralo mnoho času, deset a více hodin.

4 ROZPOZNÁVÁNÍ DRUHU

Výše popsaný způsob rozpoznávání nezaručuje jednoznačnou identifikaci mikroorganismu. Na základě zúžení množiny diatomí pouze na podmnožinu všech diatomí, který mají stejný tvar jako rozpoznávaný mikroorganismus, lze pouze zvětšit pravděpodobnost správného rozpoznání. Tímto nelze dosáhnout přesnosti vyšší než cca. 90%, tj. při velikosti databáze 15 000 mikroorganismů musí uživatel poté manuálně vybrat správný mikroorganismus z přibližně 1 500 nabídnutých kandidátů. Takový postup je ovšem v praxi pouze těžko realizovatelný.

Výška, délka, či plocha struktury diatomie, případně i jiné atributy, odvoditelné z měřítka kresby, jsou dalšími významnými určujícími faktory pro rozpoznávání. Zvýšení přesnosti je možno dosáhnout odvozením informací z vnitřní struktury diatomie. Kresby obsahují jen málo stupňů šedi a úroveň detailů je nízká, není tedy možno vyhledávat v obrázcích jednotlivé části vnitřní struktury, proto byly použity metody texturní analýzy. S použitím tohoto rozšíření je již možno dosáhnout přesnosti cca. 99%, tj. pro databázi obsahující 15 000 obrázků je uživateli nabídnuto přibližně 150 diatomí pro manuální výběr.

Neuronové sítě se ukázaly jako prostředek použitelný při rozpoznávání diatomí. Ve spojení s dalšími metodami je možno dosáhnout uspokojivých výsledků. V praxi se však více osvědčily metody založené na matematickém popisu diatomie pomocí Fourierových deskriptorů nebo momentových invariantů.

LITERATURA

- [1] Walek, T.: Recognition of microorganisms, Diplomová práce, FIT VUT Brno, 2005.
- [2] Zbořil, F.: Skripta do kursu Neuronové sítě, FIT VUT Brno, 2005.