Detekcija i rešavanje sudoku puzle

Simona Prokić, Soft kompjuting
Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Konceptualno rešenje

1. **Pretprocesiranje slike**
Slika je pretprocesirana kako bi se efikasnije detektovale ivice i brojevi. Sliku pretvaramo u crno-belu pošto nam boja nije informacija od značaja za dalju detekciju. Odrađen je blur kako bi se smanjio šum na slici i omogućilo lakše izdvajanje grida.

2. **Detekcija grida**
Korišten je *Canny* detektor ivica i *Hough* transformacija.

3. **Detekcija brojeva**
Korišćen je MNIST skup cifara kako bi se obučio model, a zatim je on korišten za prepoznavanje brojeva u puzli.

4. **Rešavanje puzle**
Rešavanje sudoku puzle uz pomoću *Backtracking* algoritma.

Rezultati i poboljšanja

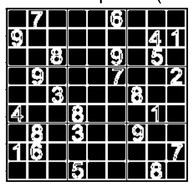
Istreniran model postiže 99.25% tačnosti na test skupu nakon 12 epoha.

Što se tiče rezultata prepoznavanja brojeva iz sudoku puzle, model ne daje uvek dobre predikcije za brojeve 7 i 9 (predikcije budu 2 i 8).

Moguće je menjati model dodavajući ili brišući neke slojeve, moguće je menjati parametre kao što su recimo optimizator, aktivaciona i funkcija greške, metrike, epohe, veličina kernela, i dobiti drugačije rezultate. Dobar sklop ovih parametra dao bi bolje rezultate.

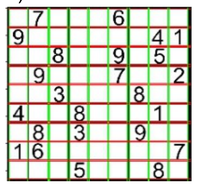
Canny detektor ivica i Hough transformacija

Canny detektor ivica je razvijen od strane John F. Canny-ja 1986. godine.
Rezultat primenjenog Canny detektora je binarna slika gde je svaki piksel koji je klasifikovan kao ivica predstavljen kao beli piksel (slika 1).



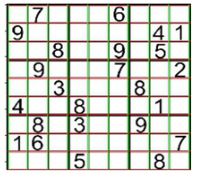
slika 1

Sada je potrebno pomoću Hough transformacije detektovati linije od značaja, odnosno grid sudoku puzle.
Hough transformacija je tehnika za izdvajanje osobina koja se koristi u analizi slike, računarskoj viziji i digitalnoj obradi slike. Hough transformacija je upotrebljena kako bi se identifikovale linije na slici (slika 2).



slika 2

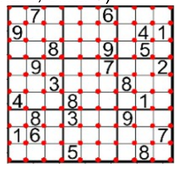
Rezultat Hough transformacije su linije, ali ih ima više nego što ima linija na slici. Potrebno je ukloniti one linije koje se nalaze veoma blizu jedna drugoj (slika 3).

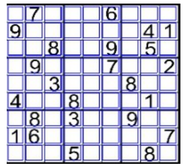


slika 3

Nakon izdvajanja horizontalnih i vertikalnih linija i uklanjanja viška linija, potrebno je naći njihove preseke. Kada nađemo tačke preseka, izdvajamo sve blokove koje sadrže (ili ne sadrže) brojeve (slika 4, slika 5).

slika 4





slika 5

Obučavanje modela

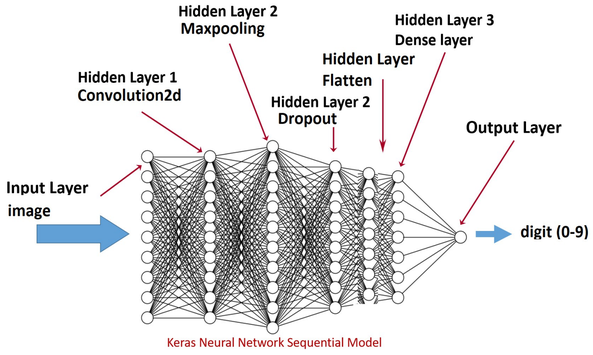
Model smo obučili sa MNIST skupom ručno pisanih cifara (slika 1).

slika 1

Korišten je Kerasov sekvencijalni model.
U sekvencijalni model je moguće dodavati željene slojeve (slika 2). Prvi sloj koji dodajemo mora da sadrži *input shape* informaciju, kako bi model znao kakav ulaz da očekuje.

Pre treniranja modela, potrebno je konfigurisati proces učenja pomoću 3 parametra:
- optimizator: menja parametre tako da greška bude što manja
- funkcija greške: računa grešku kao razliku očekivane i dobijene vrednosti
- lista metrika

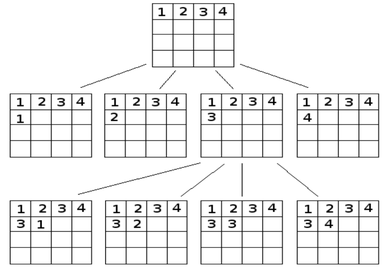
Kao optimizator korišćen je Adam, greška funkcije *categorical crossentropy* i metrika *accuracy.*



slika 2

Backtracking algoritam

Za rešavanje sudoku puzle korišten je *backtracking* algoritam koji je rekurzivan algoritam. Algoritam pokušava da reši zadati problem ispitujući sve putanje koje vode do rešenja. Ukoliko putanja koju ispituje ne vodi do rešenja, vraća se unazad i isprobava drugu putanju. Taj postupak se ponavlja sve dok se ne dođe do rešenja ili dok se ne ispitaju sve putanje.
Primer *backtracking* algoritma na sudoku puzli 4x4 prikazan na slici 1.



slika 1

U svaku praznu ćeliju može se upisati neki broj od 0 do 9. Pre nego što upišemo broj, moramo proveriti da li je prekršeno neko od sledećih pravila:
- u jednom redu se nalaze brojevi od 0 do 9, bez ponavljanja
- u jednoj koloni se nalaze brojevi od 0 do 9, bez ponavljanja
- u jednom subgridu (3x3) se nalaze brojevi od 0 do 9, bez ponavljanja

Kada su sva pravila zadovoljena, broj se zapisuje u ćeliju i rekurzivno se proverava da li ta dodela vodi ka rešenju ili ne. Ukoliko ne vodi do rešenja puzle, potrebno je probati neki drugi broj. Ako nijedan broj od 0 do 9 ne vodi do rešenja, nije moguće rešiti sudoku.

Podaci

Slike sudoku puzli su preuzete sa interneta.

Podaci za obučavanje mreže su uzeti iz MNIST skupa ručno pisanih cifri.