

Izboljšanje učinkovitosti klasifikacije površinskih napak jeklenih plošč z zmanjšanjem stroškov označevanja s pomočjo metode globokega aktivnega učenja

Wenjia Yang¹ – Youhang Zhou^{1,2,*} – Gaolei Meng¹ – Yuze Li¹ – Tianyu Gong¹

¹ Univerza Xiangtan, Fakulteta za strojništvo in mehaniko, Kitajska

² Univerza Xiangtan, Raziskovalni center za tehnologijo in opremo za obdelavo kompleksnih poti, Ministrstvo za izobraževanje, Kitajska

Jeklene plošče se široko uporabljajo v letalski industriji, gradbeništvu in pri izdelavi strojev. Površinske napake teh plošč ne vplivajo le na kakovost izdelkov, temveč povzročajo tudi ekonomske izgube in varnostna tveganja. Učinkovita klasifikacija površinskih napak jeklenih plošč lahko prispeva k boljšemu razumevanju vzrokov za nastanek napak, optimizaciji proizvodnih procesov ter izboljšanju kakovosti in ekonomske učinkovitosti izdelkov. Zato je učinkovita klasifikacija površinskih napak ena od raziskovalnih prioritet pri prepoznavanju napak na jeklenih ploščah. Zaradi vpliva subjektivnih dejavnikov in visokega deleža napak pri inšpekcijskih pregledih tradicionalne metode ne izpolnjujejo več zahtev trenutne industrije železa in jekla.

V primerjavi s tradicionalnimi metodami so metode globokega učenja učinkovite pri izboljšanju natančnosti in učinkovitosti klasifikacije, vendar zahtevajo veliko količino označenih podatkov, kar omejuje povečanje učinkovitosti zaznavanja. Da bi zmanjšali potrebo po označevanju podatkov ob hkratnem zagotavljanju zadostne natančnosti klasifikacije, je predlagana metoda globokega aktivnega učenja za klasifikacijo površinskih napak jeklenih plošč.

Najprej je zasnovana lahka konvolucijska nevronska mreža, ki pospeši proces učenja in izboljša regularizacijo modela. Nato je kot merilo negotovosti uporabljen nov vzorčni pristop, temelječ na negotovosti, ki izračuna KL-divergenco med dvema vrstama porazdelitev za izbiro novih vzorcev za označevanje. Na koncu se učinkovitost predlagane metode potrdi z uporabo nabora podatkov o površinskih napakah jekla z Univerze Severovzhodne Kitajske (NEU-CLS) in nabora podatkov o površinskih napakah na obdelanem jeklu iz lokalnega laboratorija. Raziskava ugotavlja, da lahko klasifikator na osnovi GPC bistveno skrajša čas učenja ob ohranjanju enake učinkovitosti kot tradicionalni klasifikator pri klasifikaciji površinskih napak jeklenih plošč. V primerjavi s tradicionalno metodo vzorčenja na podlagi negotovosti je KLS strategija vzorčenja učinkovitejša pri uporabi označenih podatkov.

Predlagan model mreže na osnovi GAPC, kombiniran s strategijo vzorčenja Kullback-Leibler divergence (KLS), dosega najboljše rezultate pri klasifikaciji površinskih napak jeklenih plošč. Ta metoda dosega 97-odstotno natančnost klasifikacije z uporabo 44 % označenih podatkov na naboru podatkov NEU-CLS ter 92,3-odstotno natančnost klasifikacije z uporabo 50 % označenih podatkov na naboru podatkov o površinskih napakah na obdelanem jeklu. Eksperimentalni rezultati kažejo, da predlagana metoda doseže natančnost klasifikacije površinskih napak jekla najmanj 92 % z uporabo največ 50 % označenega nabora podatkov. Z uporabo toplotne karte se ugotovi, da se predlagana mreža posebej osredotoča na ločilne dele vhodnih slik, kar dodatno potrjuje učinkovitost modela mreže in metode učenja.

Za nadaljnje izboljšanje učinkovitosti klasifikacije se bo prihodnja raziskava osredotočila na optimizacijo konvolucijske baze za zmanjšanje časa učenja in izboljšanje učinkovitosti učenja ob zagotavljanju kakovosti ekstrakcije značilnosti. V primerjavi z obstoječimi raziskavami lahko predlagana metoda izboljša tako učinkovitost učenja kot tudi zmanjša računsko stroške. Lahko je referenca za podjetja, ki se ukvarjajo s proizvodnjo jeklenih plošč, pri zmanjšanju stroškov označevanja slik površinskih napak. Poleg tega ta metoda lahko predstavlja novo idejo za učinkovito klasifikacijo drugih površinskih napak v industriji.

Ključne besede: jeklena plošča, klasifikacija površinskih napak, konvolucijska nevronska mreža, aktivno učenje, globalno združevanje, strategija vzorčenja