

Avtomatsko razpoznavanje zvokov strojev v hrupnem delovnem okolju

Primož Lipar* – Mirko Čudina – Peter Šteblaj – Jurij Prezelj

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Postopki za avtomatizirano zaznavanje napak v končni kontroli izdelka, ali v samem proizvodnem procesu, so vse pogostejši. V ta namen so primerne metode, ki lahko na podlagi zvočnega signala; izdelka, stroja, naprave ali obdelovalnega postopka določijo njihova trenutna stanja. V tem delu so predstavljene metode za razpoznavanje različnih zvokov strojev, naprav in obdelovalnih postopkov, ki jih lahko uporabimo celo za nadzor celotnega proizvodnega procesa. Metode temeljijo na transformaciji biometrične zaznave govora, oziroma identifikacije govorcev, na identifikacijo različnih zvokov strojev, naprav in obdelovalnih postopkov z uporabo algoritmov za identifikacijo oseb na podlagi govornega signala.

Pri procesu identifikacije zvočnega signala ločimo fazo parametrizacije in fazo klasifikacije. V fazi parametrizacije se s pomočjo metode koeficientov frekvenčnega kepstra (KFC) iz zvočnih signalov izlušči le značilne lastnosti (značilke) posameznega zvoka stroja. Pri KFC metodi se za govorne signale uporabljajo filtre z melodično razporeditvijo centralnih frekvenc. Takšna razporeditev je neposredno povezana z naravo človeškega govora in slušnega sistema. Ker se človeški govor razlikuje od zvoka strojev in naprav, ki so v osnovi manj dinamični in manj barviti, smo poleg melodične predlagali še linearno in logaritemsko razporeditev centralnih frekvenc filtrov.

V procesu klasifikacije ločimo fazo učenja in fazo razpoznavanja. V fazi učenja se na podlagi znanih značilk izdelajo statistični modeli zvokov, ki jih generira posamezni vir. V fazi razpoznavanja pa algoritem razvršča značilke neznanega zvočnega signala v posamezne razrede. Za klasifikacijo zvočnega signala sta bila uporabljena dva algoritma; algoritem K-najbližjih sosedov (KNS) in na novo predlagani algoritem, ki temelji na več-variacijski Gaussovi porazdelitvi (VGP). VGP je, za razliko od KNS, parametrična metoda. V fazi razpoznavanja se z razvrščanjem neznanega značilk v obstoječe statistične modele, meri stopnja ujemanja s posameznim modelom.

Za praktični primer klasifikacije smo posneli zvok petih različnih strojev in zvok v industrijski hali, kjer je prisotnih več zvokov iz več različnih strojev in naprav. Zvok industrijske hale smo uporabili kot šum, ki smo ga dodajali v čiste zvočne signale strojev. S primerno obdelavo signalov smo vsem petim zvočnim signalom strojev zagotovili enako razmerje signal/šum (RSS) 7 dB, 2 dB in -2 dB. Signali z različnimi RSS so služili kot osnova pri izvedbi testa robustnosti KNS in VGP metode.

Rezultati testa robustnosti kažejo, da je parametrizacija zvokov strojev s KFK metodo najbolj učinkovita pri uporabi linearne razporeditve filtrov. Uspešnost klasifikacije je bila pri obeh metodah (KNS in VGP) zelo dobra, tudi pri nizkem RSS. Zato lahko zaključimo, da se z KFK parametrizacijo ter VGP in KNS metodo lahko uspešno ločuje med različnimi zvoki strojev in naprav oziroma njihovimi stanji. Za delovanje v realnem času pa je VGP parametrična metoda primernejša, saj je čas določevanja oziroma identifikacije mnogo krajši kot pri metodi KNS.

Predlagana metoda, se lahko uporabi tudi za zaznavanje napak v proizvodnem procesu, za odkrivanje napak na izdelkih v končni kontroli kakovosti, za markiranje okoljskega hrupa pri meritvah v naravnem in življenjskem okolju, itd. V prihodnosti nameravamo raziskati še ostale metode za parametrizacijo ter njihov vpliv na uspešnost razpoznavanja, ter nadgraditi obstoječ sistem za klasifikacijo z metodo mešanice Gaussovih porazdelitev.

Ključne besede: zvok strojev, klasifikacija zvoka strojev, KNS klasifikator, VGP klasifikator, koeficienti frekvenčnega kepstra