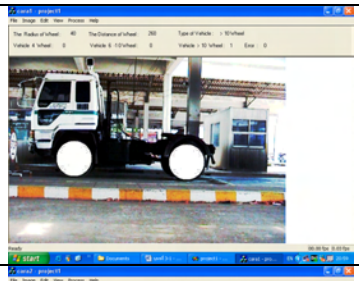
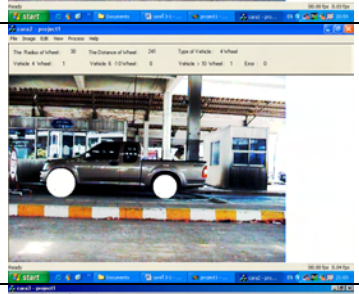
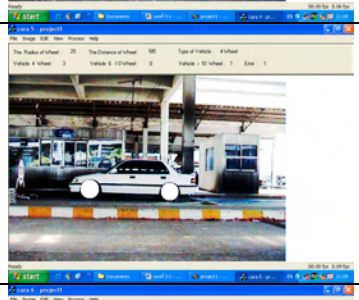
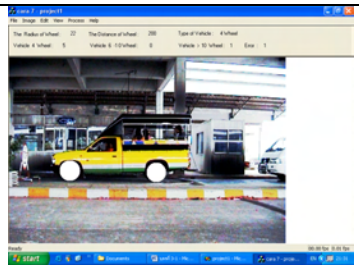
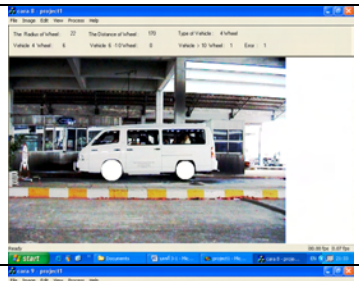
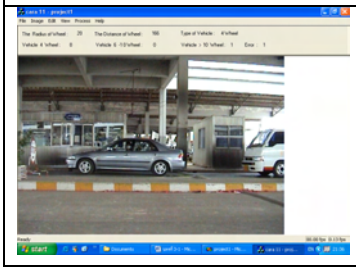
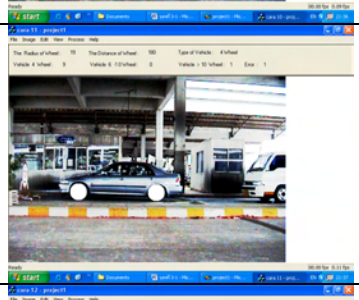
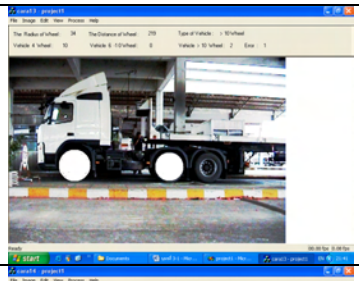
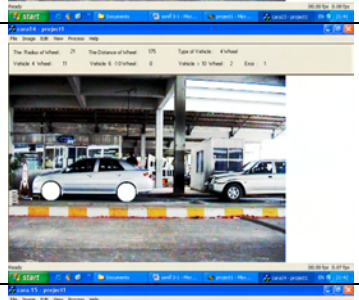
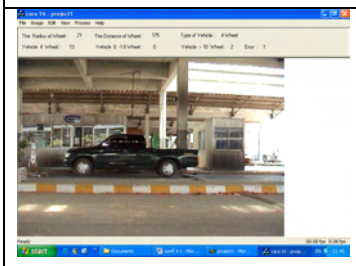
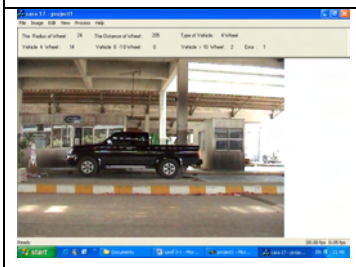
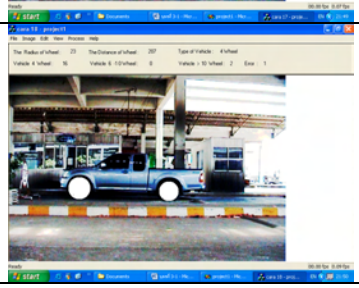
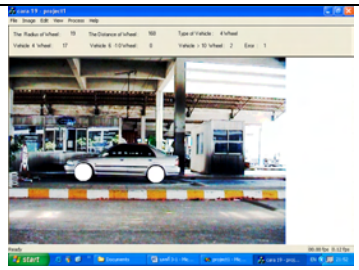
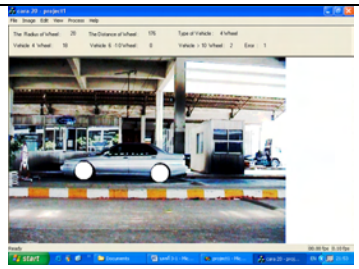
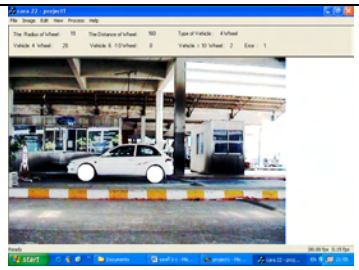
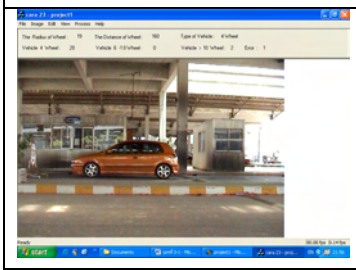
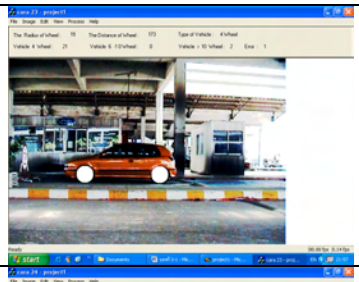
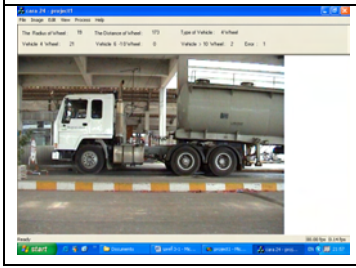
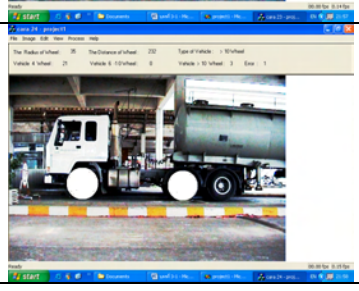
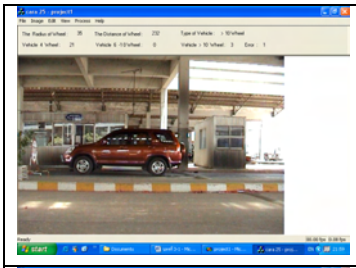
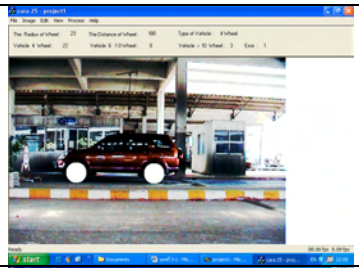
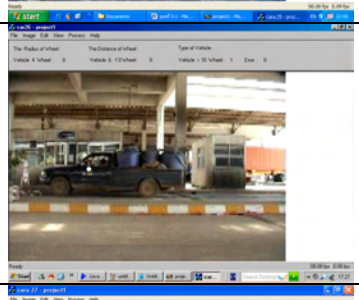
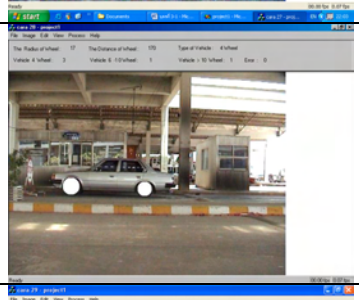
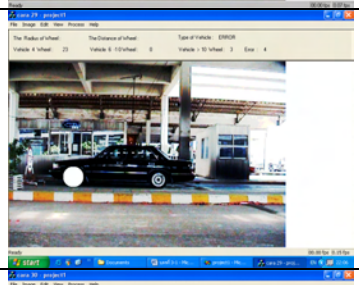
ภาคผนวก ก

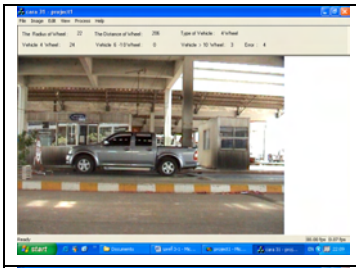
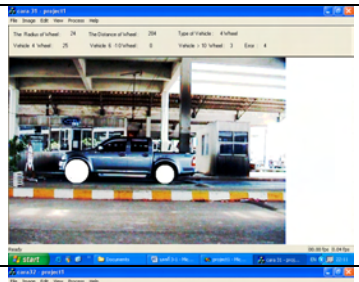
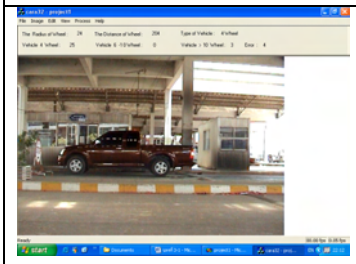
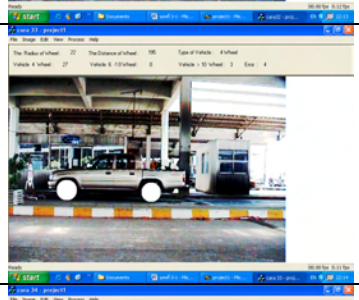
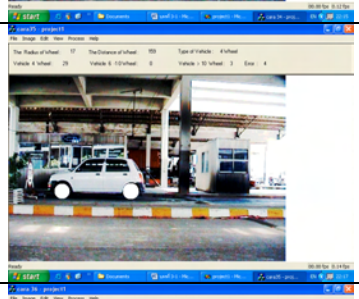
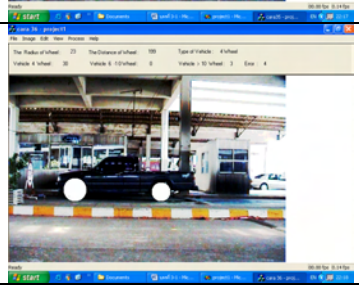
		Car1 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 40 พิกเซล ระยะล้อ : 260 พิกเซล ผลการจำแนก : >10 ล้อ
		Car2 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 30 พิกเซล ระยะล้อ : 241 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car3 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 26 พิกเซล ระยะล้อ : 266 พิกเซล ผลการจำแนก:6-10 ล้อ
		Car4 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 26 พิกเซล ระยะล้อ : 182 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car5 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 185 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car6 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 194 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

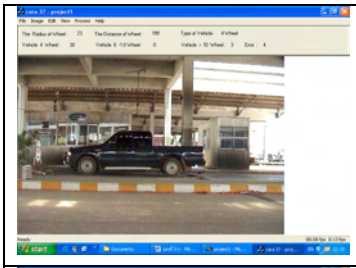
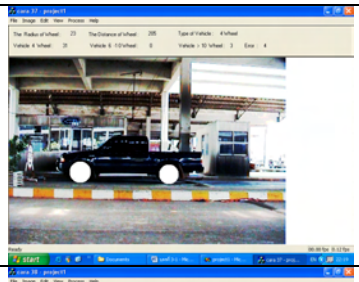
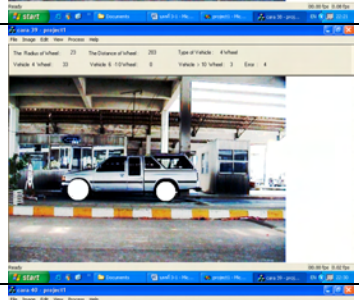
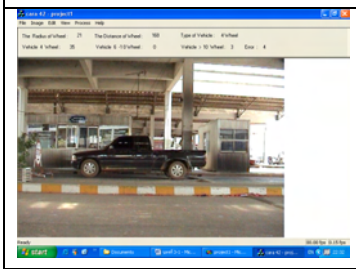
		Car7 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 200 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car8 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 170 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car9 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 180 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car10 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 166 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car11 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 180 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car12 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 187 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

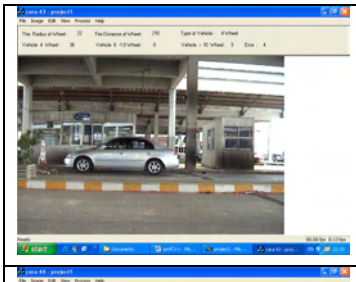
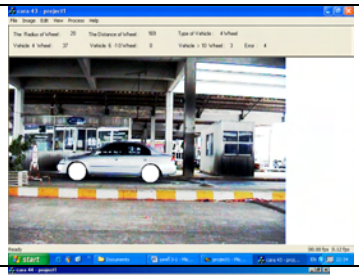
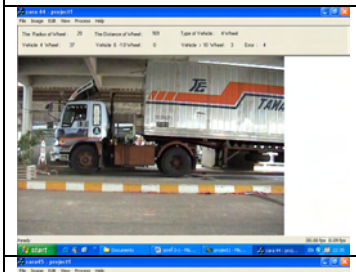
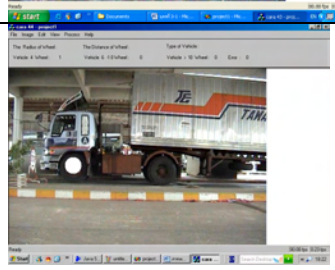
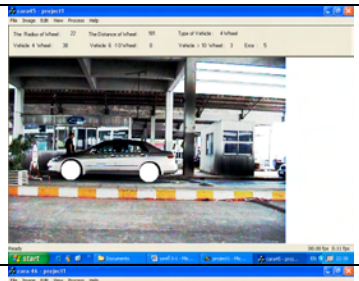
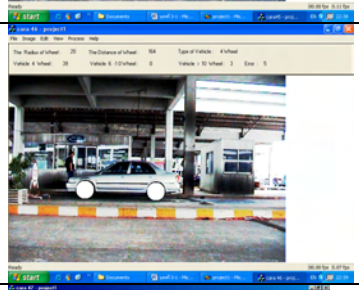
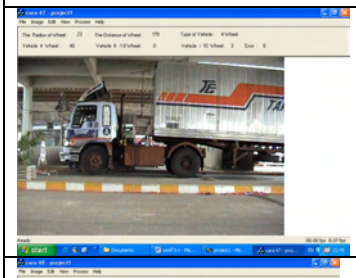
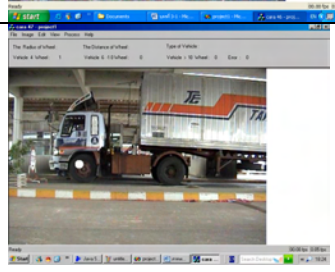
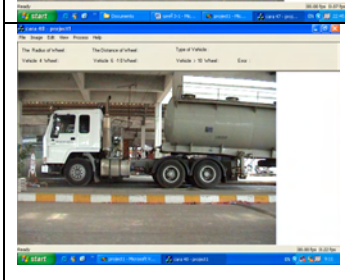
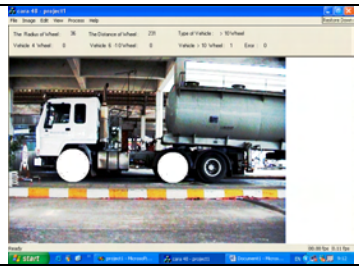
		Car13 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 34 พิกเซล ระยะล้อ : 219 พิกเซล ผลการจำแนก : >10 ล้อ
		Car14 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 175 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car15 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 187 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car16 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 24 พิกเซล ระยะล้อ : 205 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car17 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 25 พิกเซล ระยะล้อ : 197 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car18 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 207 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

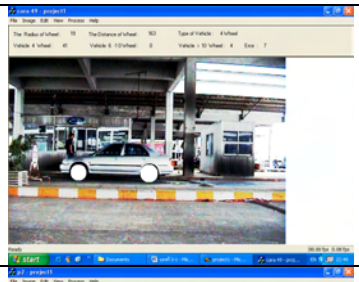
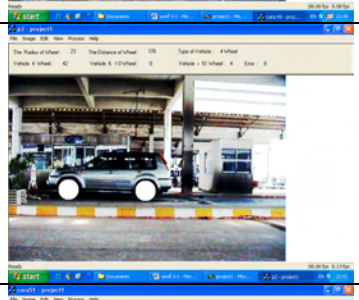
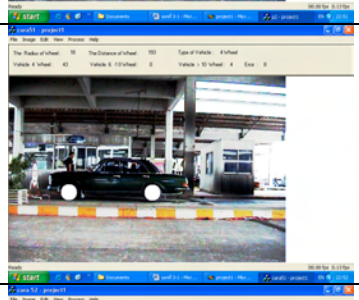
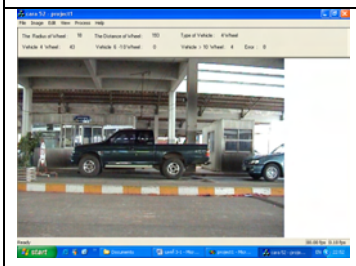
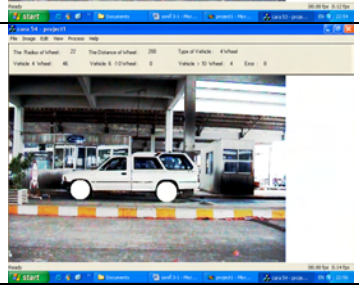
		Car19 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 168 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car20 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 176 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car21 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 169 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car22 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 160 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car23 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 173 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car24 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 35 พิกเซล ระยะล้อ : 232 พิกเซล ผลการจำแนก : >10 ล้อ

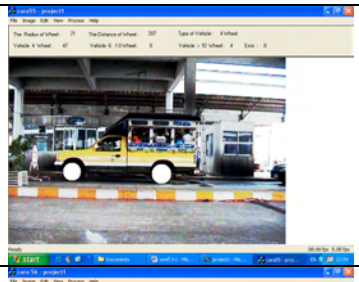
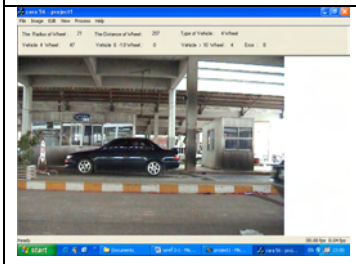
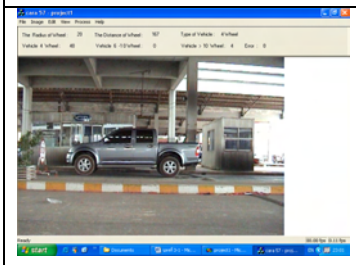
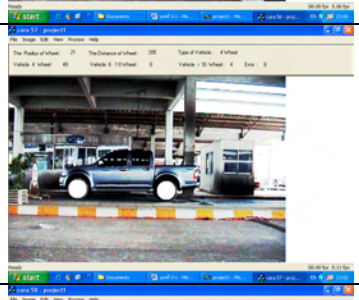
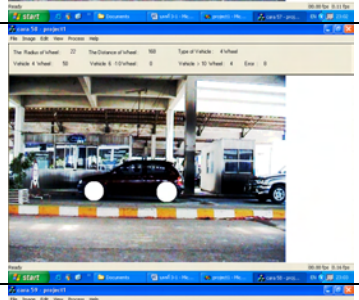
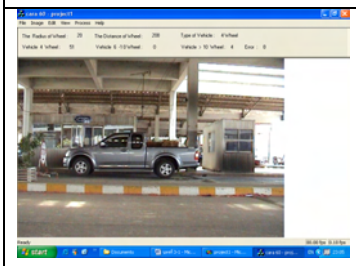
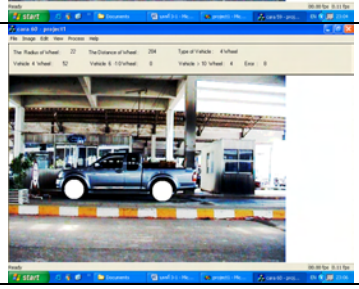
		Car25 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 180 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car26 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car27 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 26 พิกเซล ระยะล้อ : 181 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car28 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 17 พิกเซล ระยะล้อ : 170 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car29 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car30 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 206 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

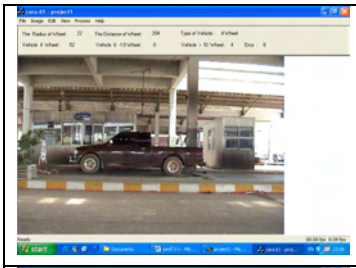
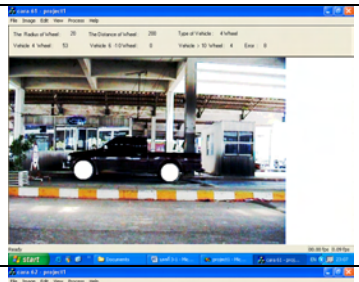
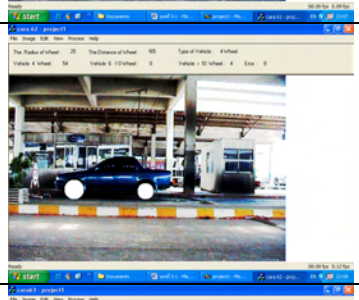
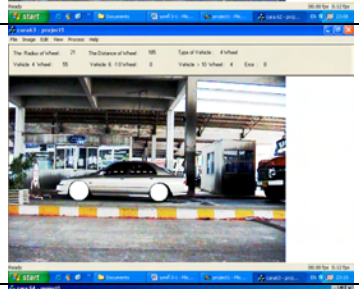
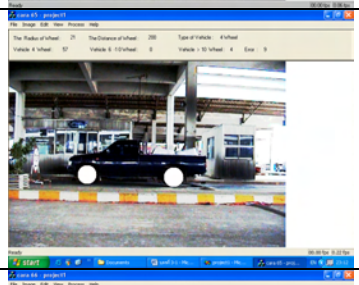
		Car31 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 24 พิกเซล ระยะล้อ : 204 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car32 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 204 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car33 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 195 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car34 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 175 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car35 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 17 พิกเซล ระยะล้อ : 159 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car36 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 199 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

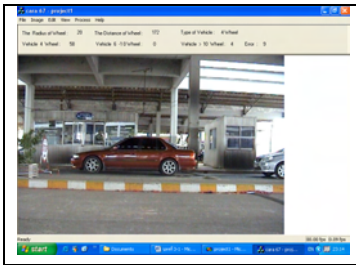
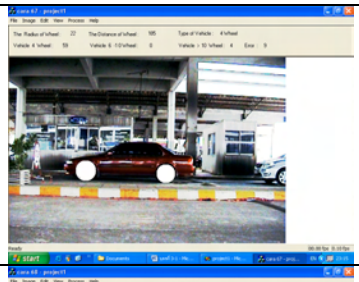
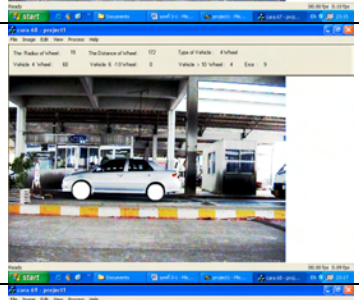
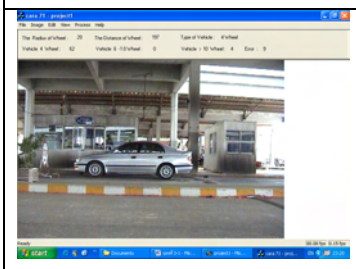
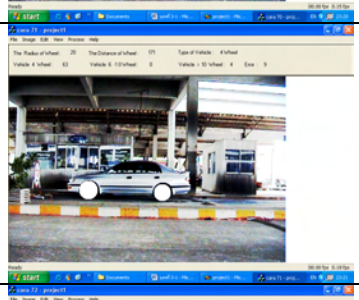
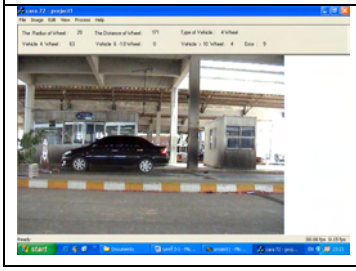
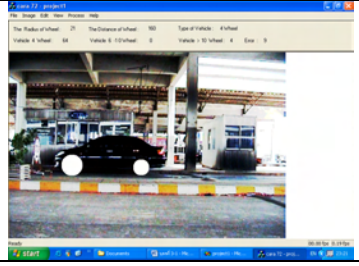
		Car37 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 205 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car38 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 177 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car39 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 203 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car40 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 193 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car41 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 168 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car42 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 210 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

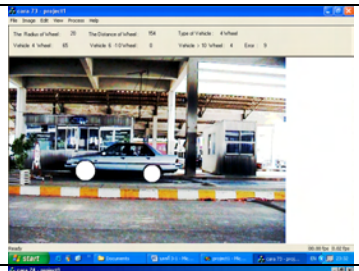
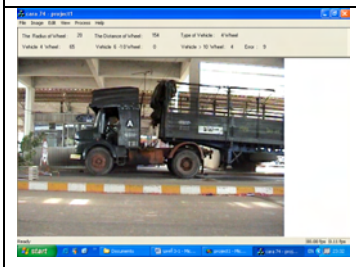
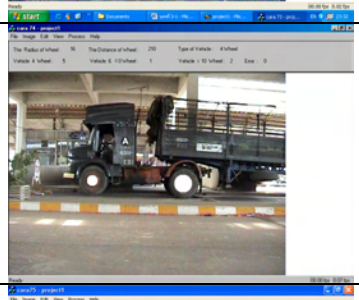
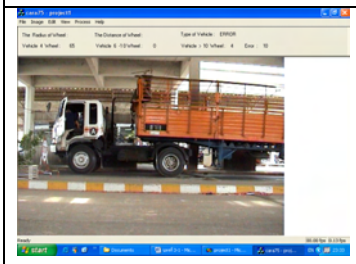
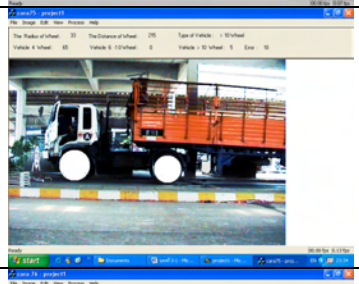
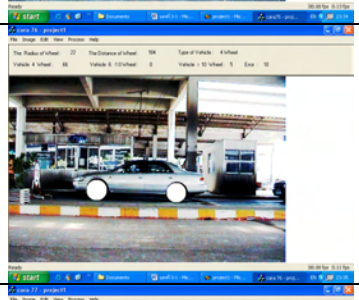
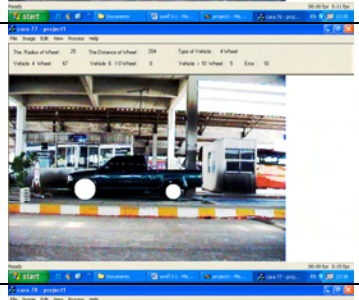
		Car43 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 169 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car44 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car45 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 181 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car46 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 164 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car47 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car48 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 32 พิกเซล ระยะล้อ : 216 พิกเซล ผลการจำแนก : >10 ล้อ

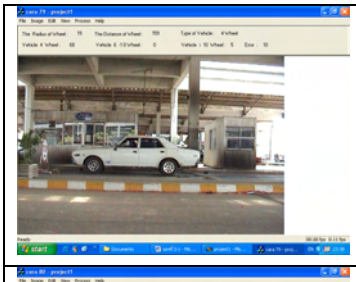
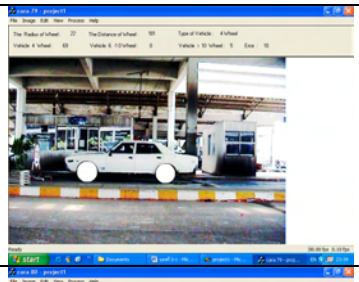
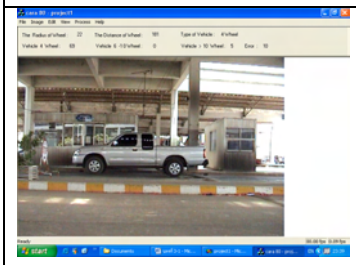
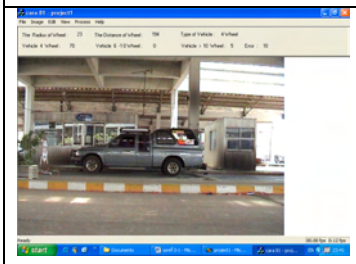
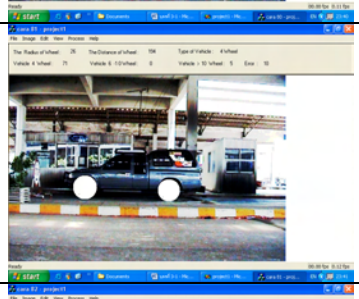
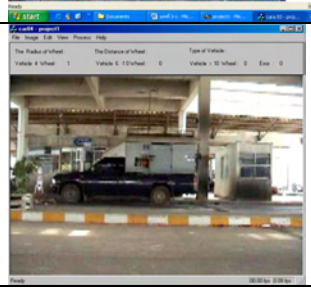
		Car49 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 163 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car50 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 178 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car51 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 18 พิกเซล ระยะล้อ : 193 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car52 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 24 พิกเซล ระยะล้อ : 201 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car53 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 206 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car54 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 200 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

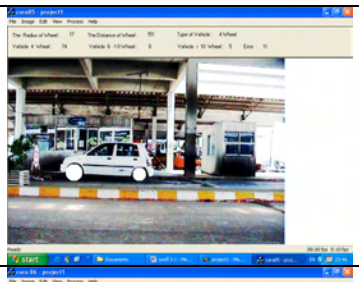
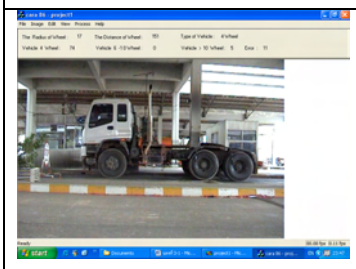
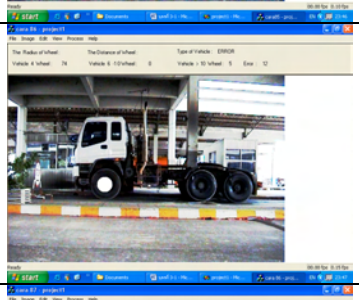
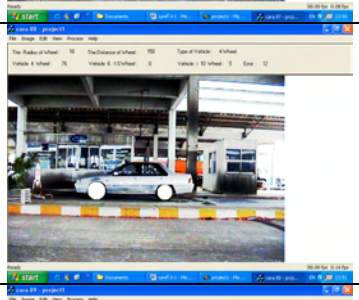
		Car55 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 207 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car56 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 167 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car57 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 205 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car58 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 168 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car59 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 208 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car60 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 204 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

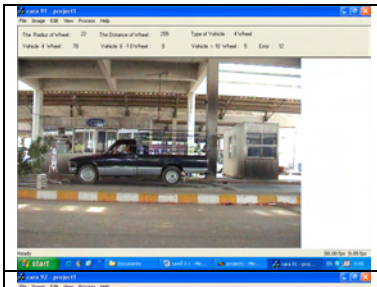
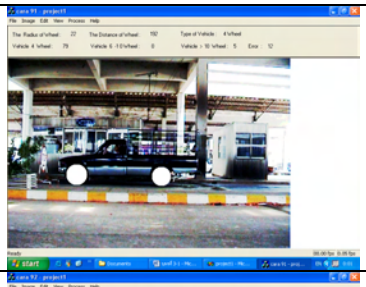
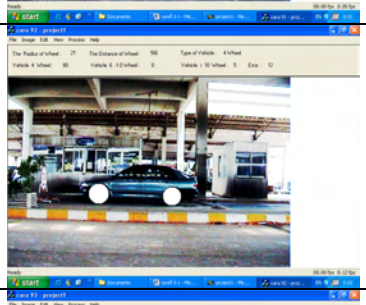
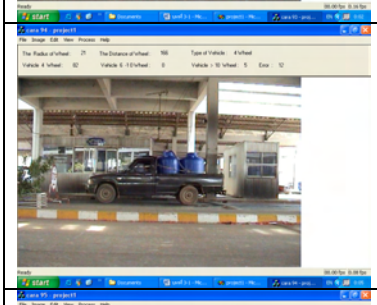
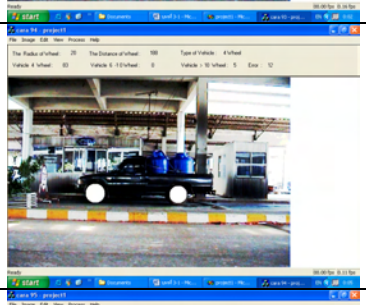
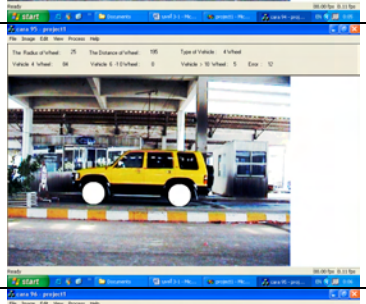
		Car61 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 200 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car62 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 165 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car63 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 185 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car64 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 18 พิกเซล ระยะล้อ : 214 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car65 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 200 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car66 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 172 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

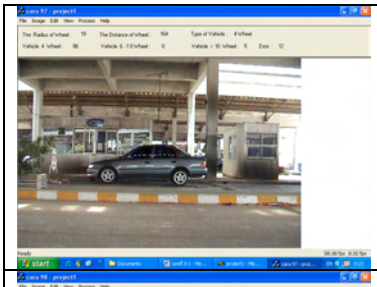
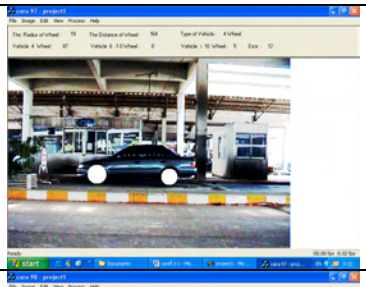
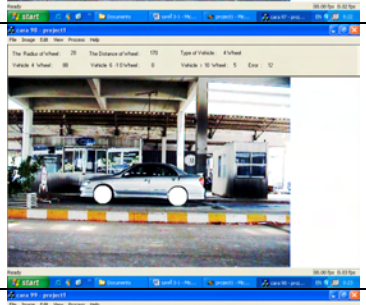
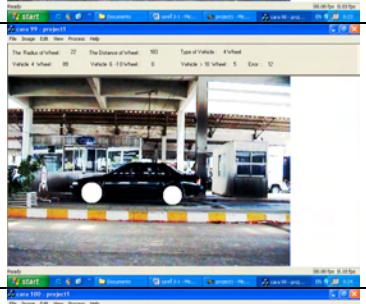
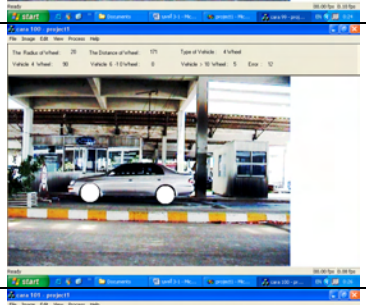
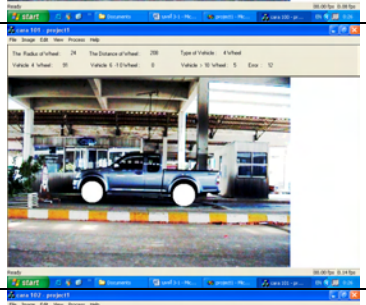
		Car67 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 185 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car68 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 172 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car69 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 185 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car70 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 197 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car71 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 171 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car72 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 160 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

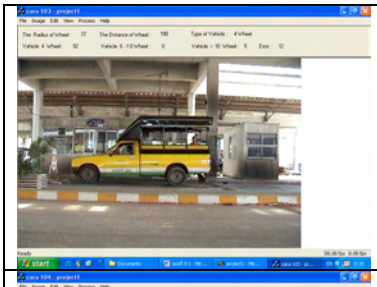
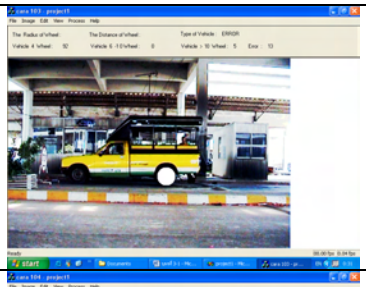
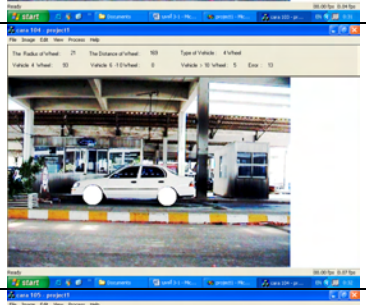
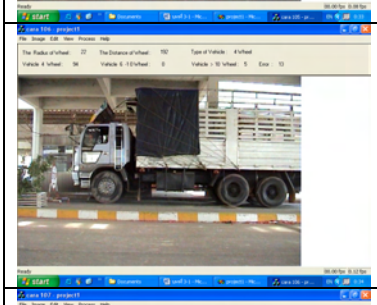
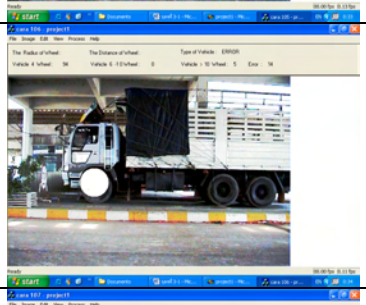
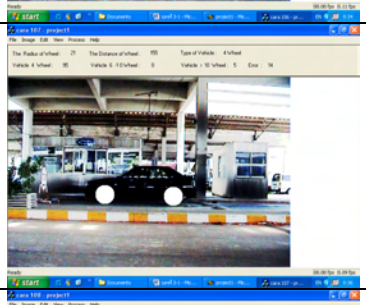
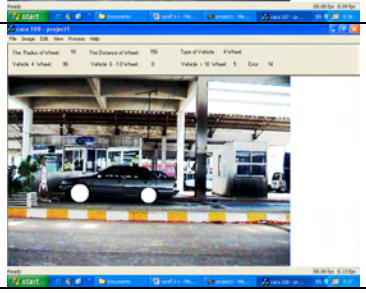
		Car73 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 154 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car74 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 16 พิกเซล ระยะล้อ : 219 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car75 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 33 พิกเซล ระยะล้อ : 215 พิกเซล ผลการจำแนก : >10 ล้อ
		Car76 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 184 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car77 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 204 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car78 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 159 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

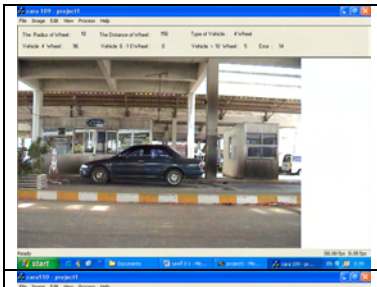
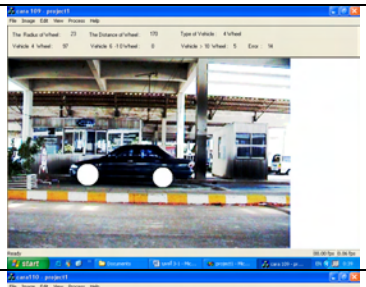
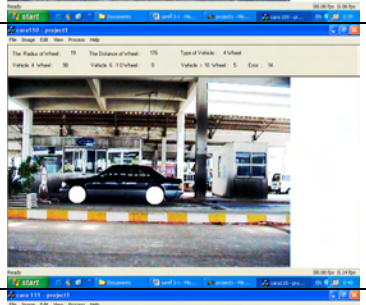
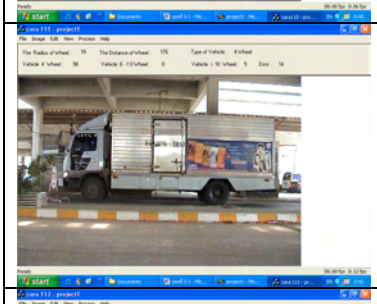
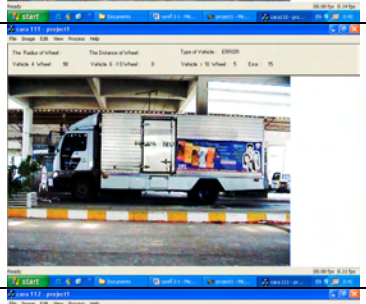
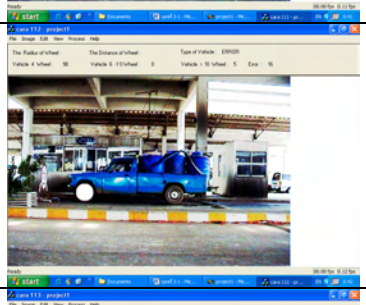
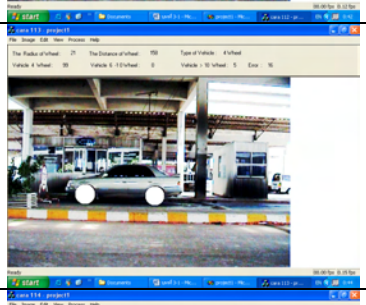
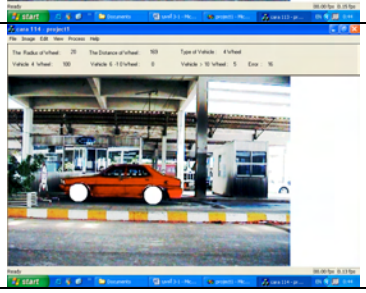
		Car79 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 181 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car80 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 194 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car81 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 26 พิกเซล ระยะล้อ : 194 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car82 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 192 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car83 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 198 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car84 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error

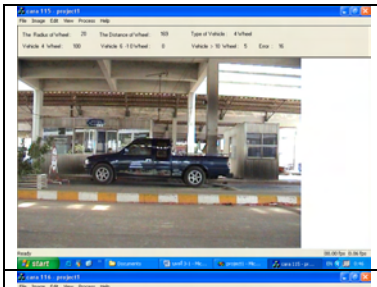
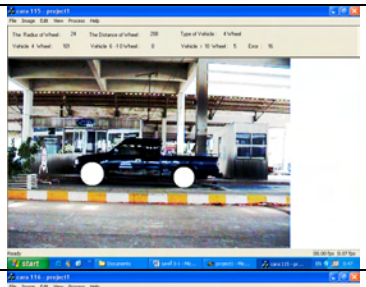
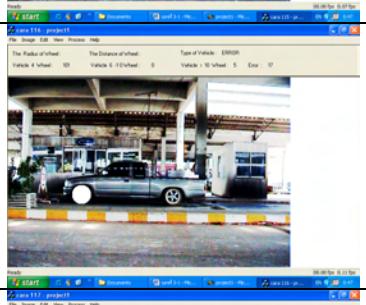
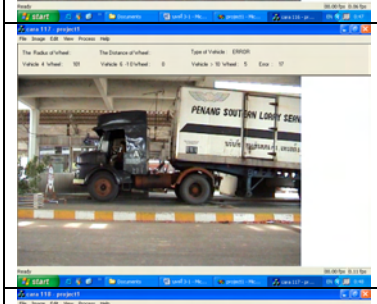
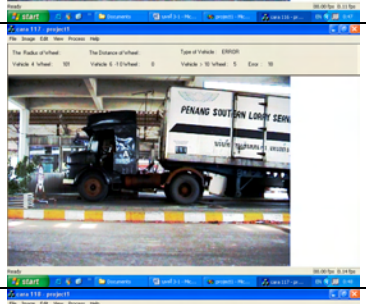
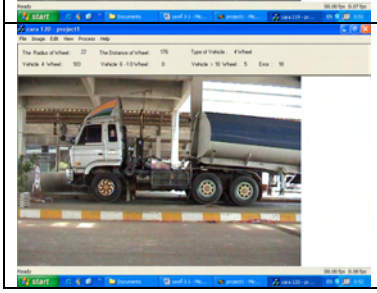
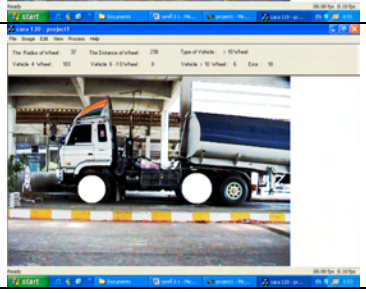
		Car85 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 17 พิกเซล ระยะล้อ : 151 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car86 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car87 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 207 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car88 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 18 พิกเซล ระยะล้อ : 158 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car89 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 177 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car90 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 209 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

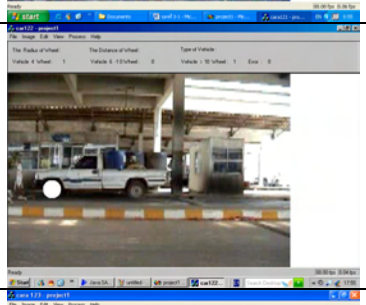
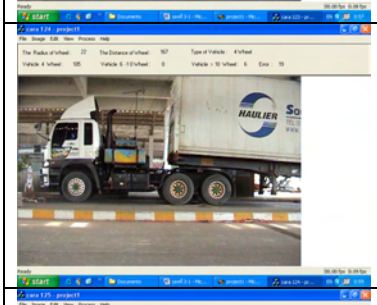
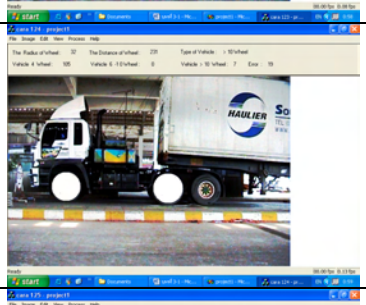
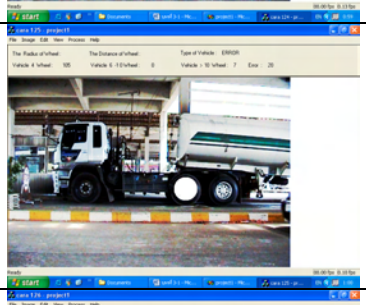
		Car91 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 192 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car92 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 166 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car93 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 173 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car94 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 188 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car95 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 25 พิกเซล ระยะล้อ : 195 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car96 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 24 พิกเซล ระยะล้อ : 205 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

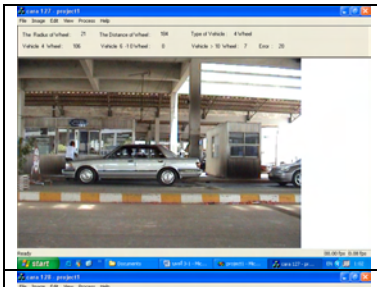
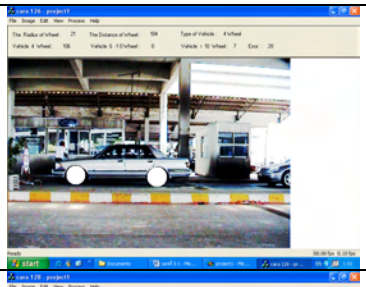
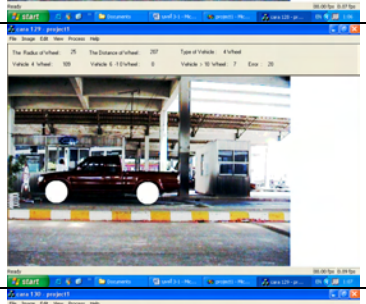
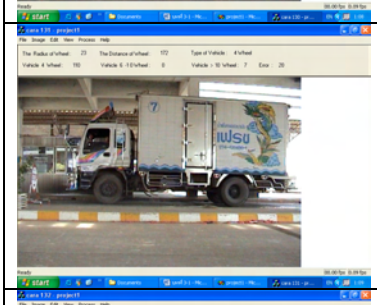
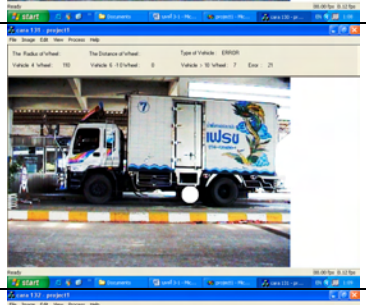
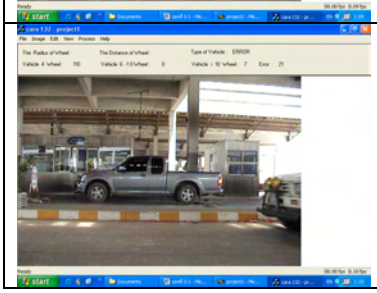
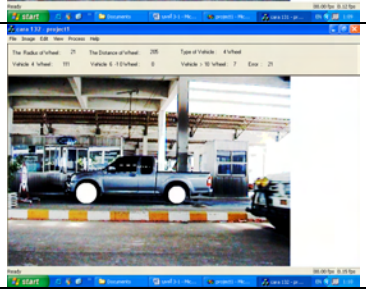
		Car97 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 164 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car98 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 183 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car99 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 183 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car100 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 24 พิกเซล ระยะล้อ : 171 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car101 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 24 พิกเซล ระยะล้อ : 200 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car102 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 190 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

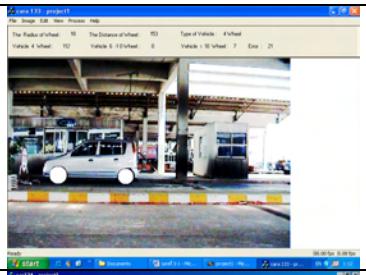
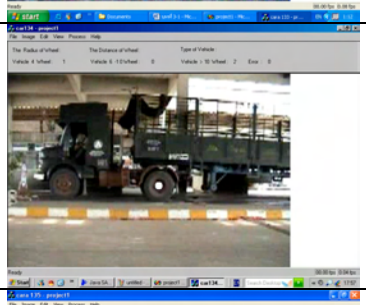
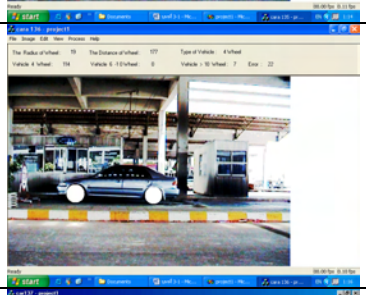
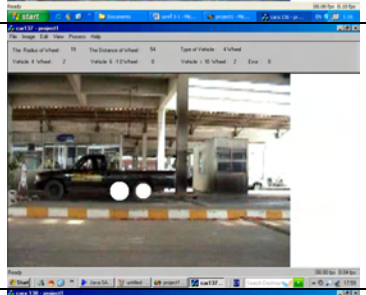
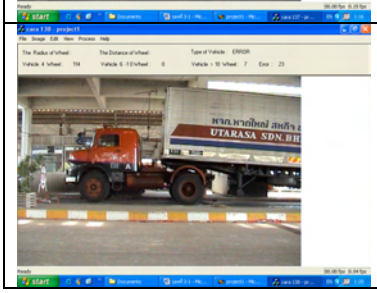
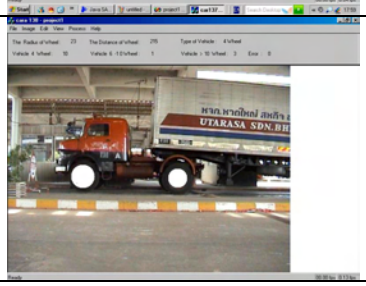
		Car103 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car104 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 165 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car105 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 192 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car106 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car107 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 155 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car108 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 18 พิกเซล ระยะล้อ : 156 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

		Car109 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 170 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car110 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 176 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car111 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car112 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car113 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 158 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car114 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 20 พิกเซล ระยะล้อ : 169 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

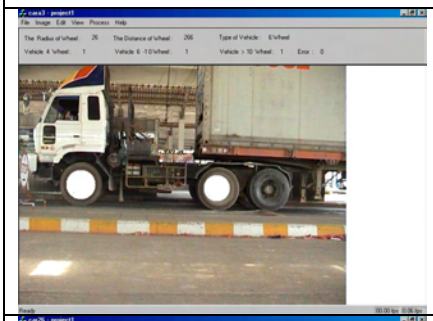
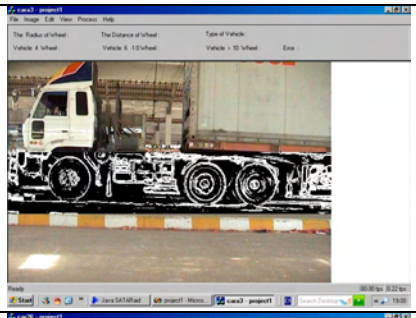
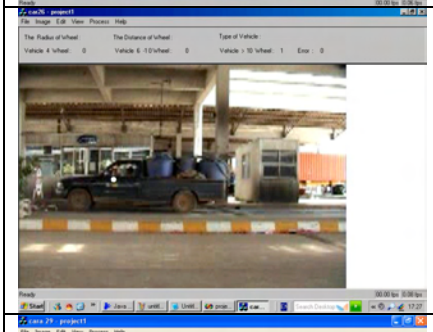
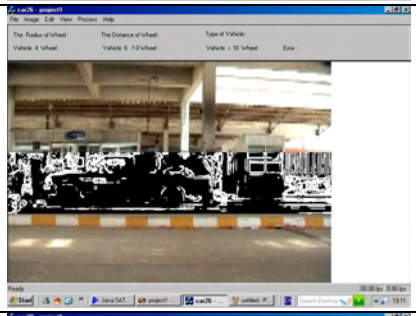
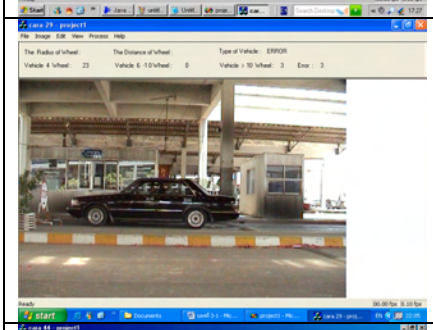
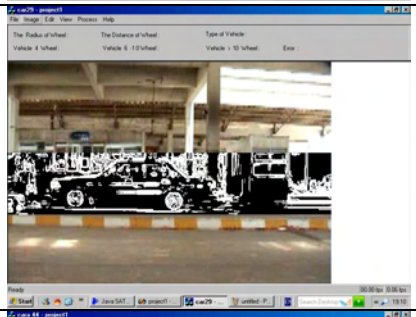
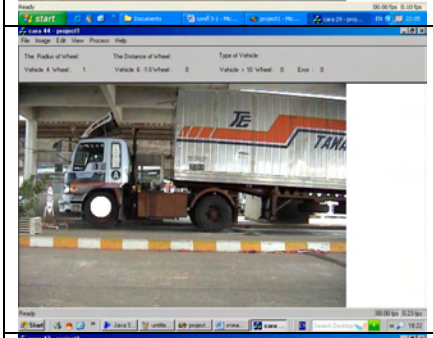
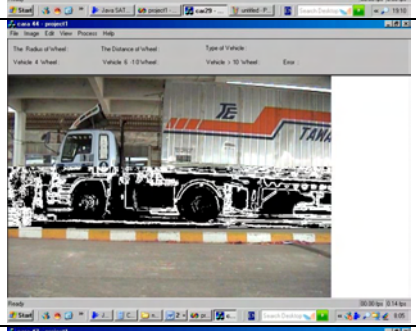
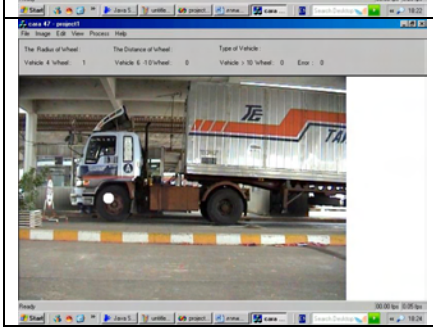
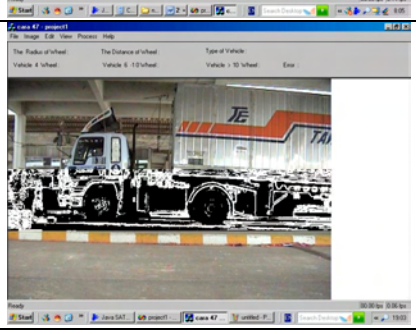
		Car115 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 24 พิกเซล ระยะล้อ : 208 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car116 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car117 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car118 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 179 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car119 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 176 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car120 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 32 พิกเซล ระยะล้อ : 238 พิกเซล ผลการจำแนก : >10 ล้อ

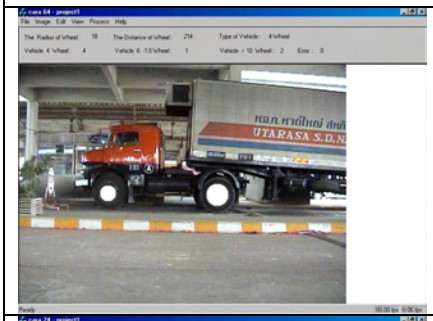
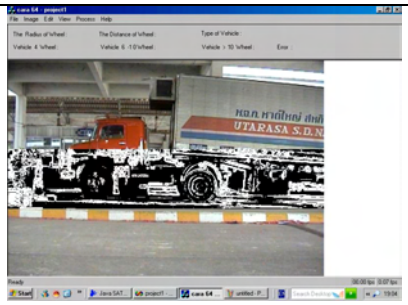
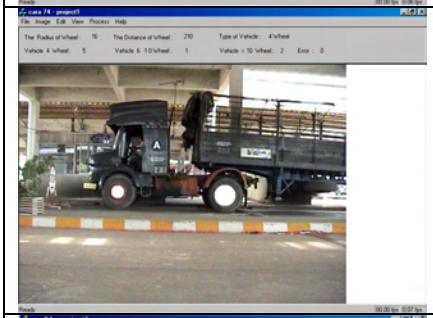
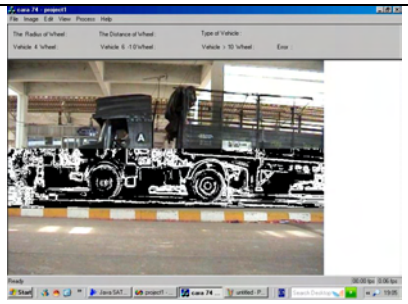
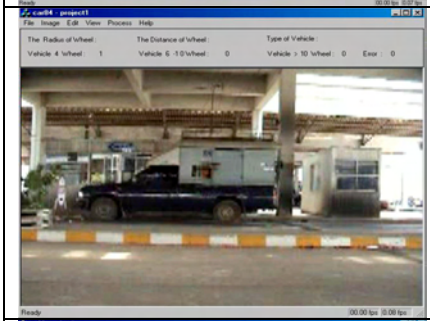
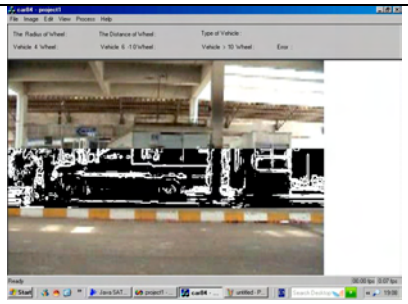
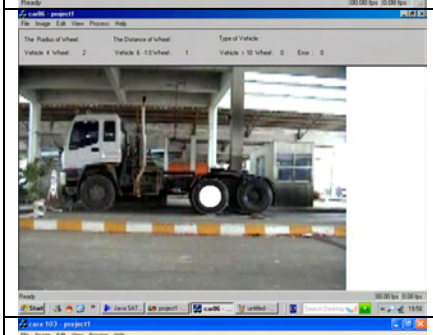
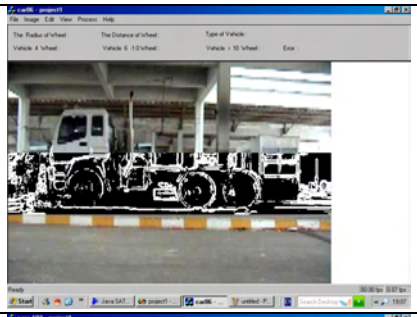
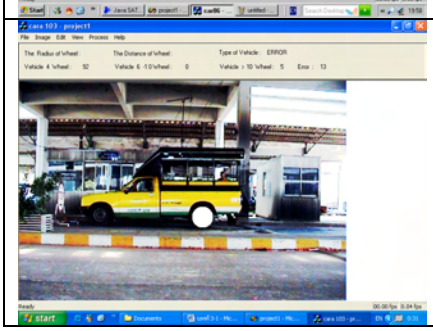
		Car121 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 177 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car122 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car123 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 167 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car124 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 32 พิกเซล ระยะล้อ : 231 พิกเซล ผลการจำแนก : >10 ล้อ
		Car125 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car126 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 184 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

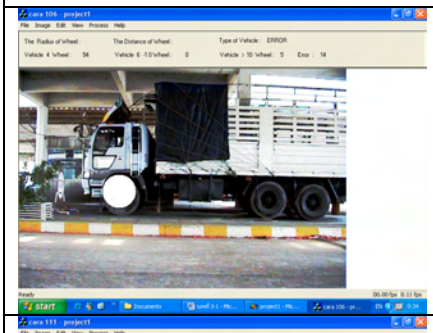
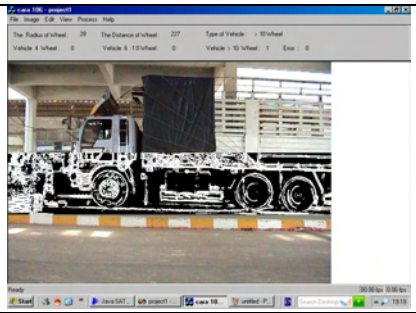
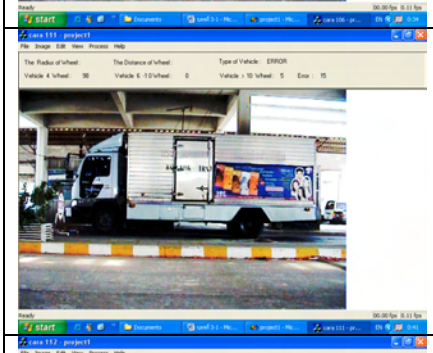
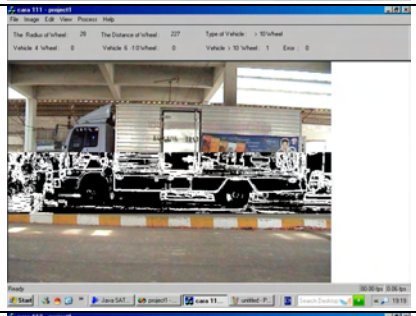
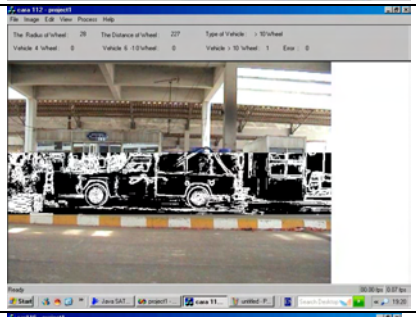
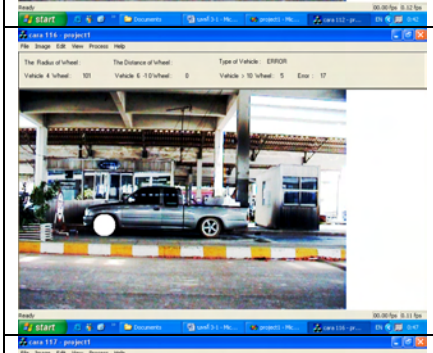
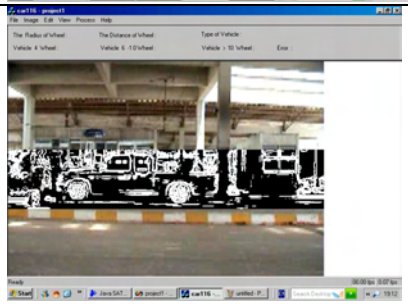
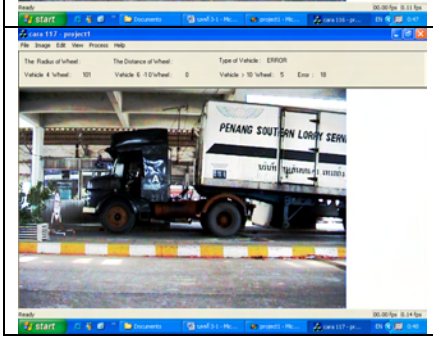
		Car127 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 189 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car128 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 22 พิกเซล ระยะล้อ : 176 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car129 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 25 พิกเซล ระยะล้อ : 207 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car130 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 172 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car131 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car132 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 21 พิกเซล ระยะล้อ : 205 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

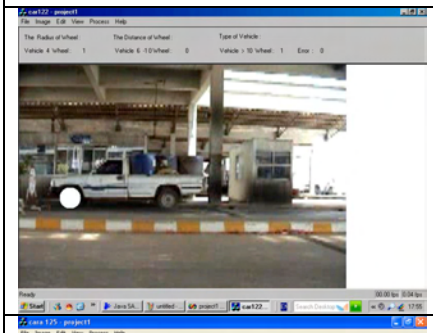
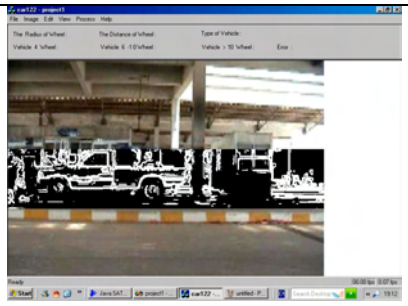
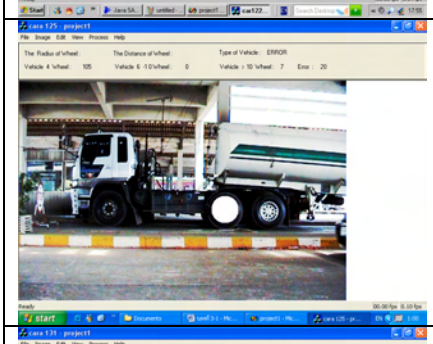
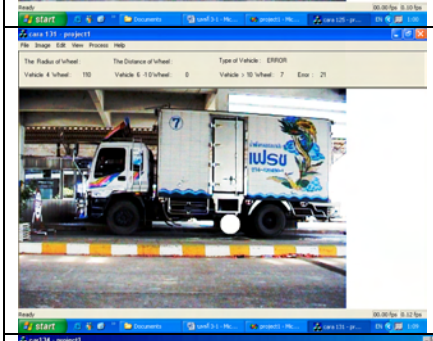
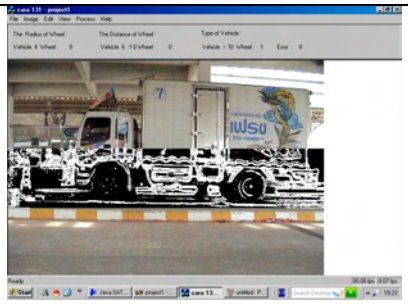
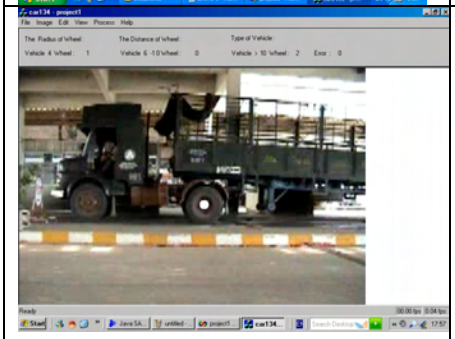
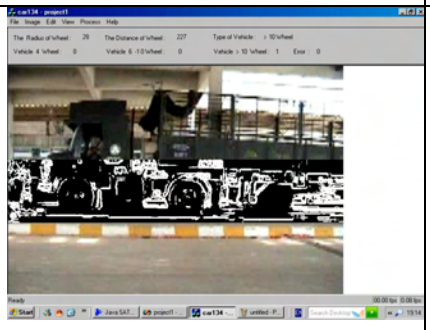
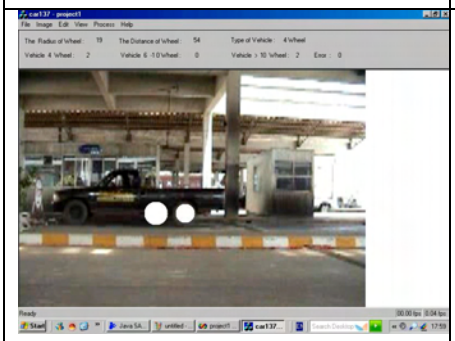
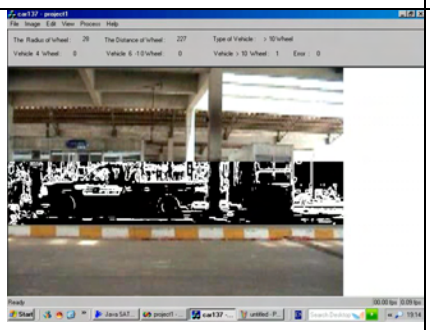
		Car133 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 18 พิกเซล ระยะล้อ : 153 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car134 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car135 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 172 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car136 ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 19 พิกเซล ระยะล้อ : 177 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ
		Car137 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : - พิกเซล ระยะล้อ : - พิกเซล ผลการจำแนก : Error
		Car138 ไม่ถูกต้อง รัศมีวงล้อ : 23 พิกเซล ระยะล้อ : 215 พิกเซล ผลการจำแนก : 4 ล้อ

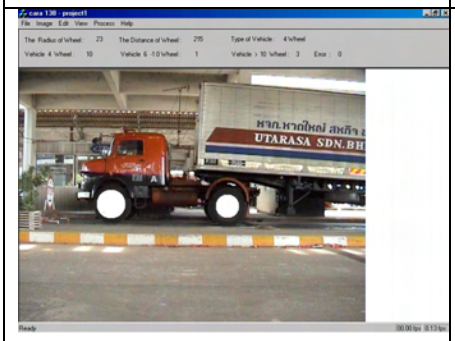
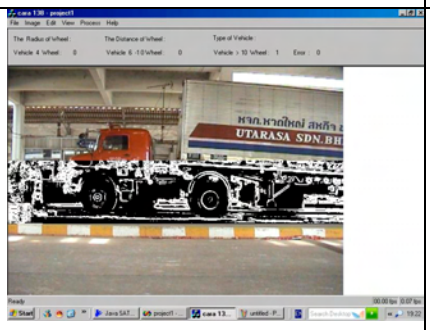
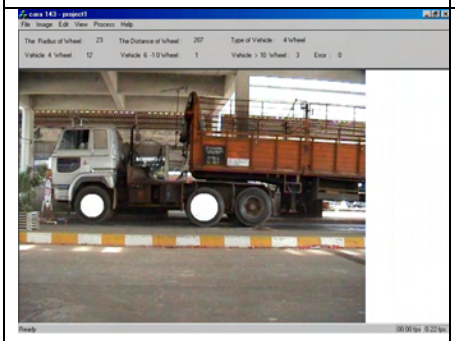
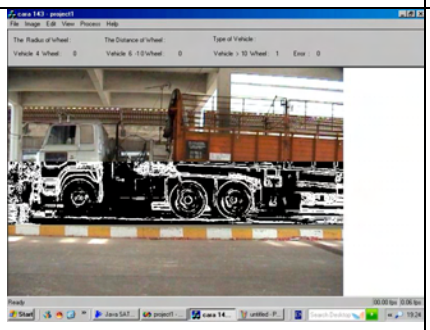
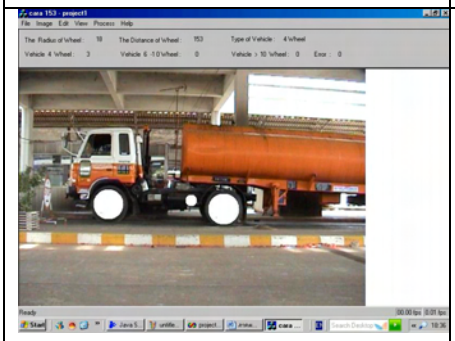
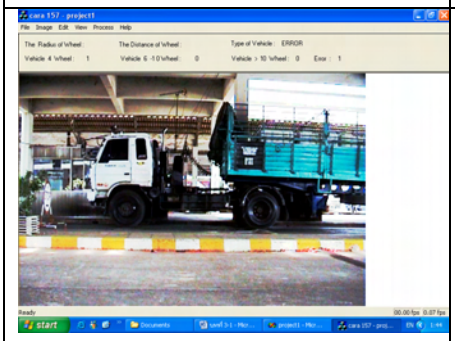
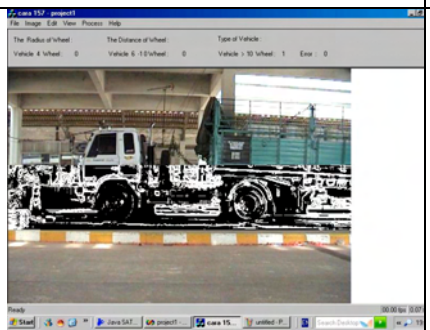
ภาคผนวก ข

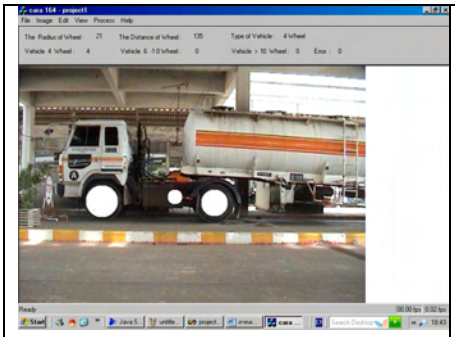
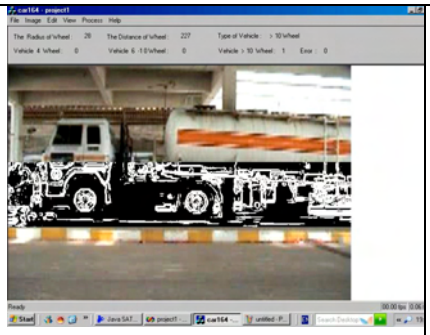
ภาพยานพาหนะ	ภาพการหาเส้นขอบภาพ	ภาพ
		Car3 ได้รัศมีวงล้อผิด
		Car26 ไม่สามารถหาวงล้อได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car29 ไม่สามารถหาวงล้อได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car44 ไม่สามารถหาวงล้อที่ 2 ได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car47 ไม่สามารถหาวงล้อที่ 2 ได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป

ภาพยานพาหนะ	ภาพการหาเส้นขอบภาพ	ภาพ
		Car64 ได้รัศมีวงล้อผิด
		Car74 ได้รัศมีวงล้อผิด
		Car84 ไม่สามารถหาวงล้อได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car86 ไม่สามารถหาวงล้อที่1 ได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car103 ไม่สามารถหาวงล้อที่ 1 ได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป

ภาพยานพาหนะ	ภาพการหาเส้นขอบภาพ	ภาพ
		Car106 ไม่สามารถหาวงล้อที่ 2 ได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car111 ไม่สามารถหาวงล้อได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		ตา Car112 ไม่สามารถหาวงล้อที่ 2 ได้ ค่าในรางโหวตน้อยไป
		Car116 ไม่สามารถหาวงล้อที่ 2 ได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car117 ไม่สามารถหาวงล้อได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป

ภาพยานพาหนะ	ภาพการหาเส้นขอบภาพ	ภาพ
		Car122 ไม่สามารถหาวงล้อที่ 2 ได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car125 ไม่สามารถหาวงล้อที่ 1 ได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car131 ไม่สามารถหาวงล้อได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car134 ไม่สามารถหาวงล้อได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป
		Car137 ไม่สามารถหาวงล้อที่ 1 ได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป

ภาพยานพาหนะ	ภาพการหาเส้นขอบภาพ	ภาพ
		Car138 ได้รัศมีวงล้อผิด
		Car143 ได้รัศมีวงล้อผิด
		Car153 ได้รัศมีวงล้อผิด
		Car157 ไม่สามารถหาวงล้อได้ ค่าในตารางโหวตน้อยไป

		Car164 ได้รัศมีวงล้อผิด

ภาคผนวก ค

การจำแนกประเภทยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่ ด้วยการประมวลผลภาพ

Classification of Moving Vehicles Using Image Processing Technique

พันธ์พงษ์ คงกระพันธ์ และมนตรี กาญจนะเดชะ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

15 ถ.กาญจนวณิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

โทร. 0-7428-7075-6 โทรสาร 0-7421-2895 E-mail: cpunpong@bunga.pn.psu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการจำแนกประเภทยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่โดยวิธีการประมวลผลภาพ โดยจำแนกประเภทยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ยานพาหนะ 4 ล้อ ยานพาหนะ 6-10 ล้อ และยานพาหนะมากกว่า 10 ล้อ การประมวลผลภาพเริ่มต้นจากการเลือกภาพที่มียานพาหนะ จากนั้นใช้ตัวกรองโซเบลเพื่อหาขอบภาพ และใช้การแปลงฮัฟเพื่อตรวจหาตำแหน่งของล้อของยานพาหนะ และนำผลที่ได้ไปจำแนกประเภทยานพาหนะด้วยวิธีฟัซซี่เคมีน ผลการทดลองจากการจำแนกยานพาหนะจำนวน 105 ภาพ สามารถจำแนกประเภทยานพาหนะได้ถูกต้อง 77.14 %

คำสำคัญ : การประมวลผลภาพ ฟัซซี่เคมีน โซเบลฟิลเตอร์ ฮัฟทรานส์ฟอร์ม

Abstract

This paper proposes a novel method for classification of moving vehicles using image processing techniques. The aim is to classify vehicles into 3 categories: 4 wheels vehicle, 6–10 wheels vehicle, and vehicle with more than 10 wheels. First, the vehicle image is selected, then Sobel filter is applied for edge detection, and finally the Hough transform is used to locate the wheels. Vehicle classification is done using the Fuzzy K-Means technique. Experimental result shows that this method can classify 105 pictures at the accuracy of 77.14% correct.

Keywords: image processing, Fuzzy K-Means , Sobel filter , Hough Transform

1. คำนำ

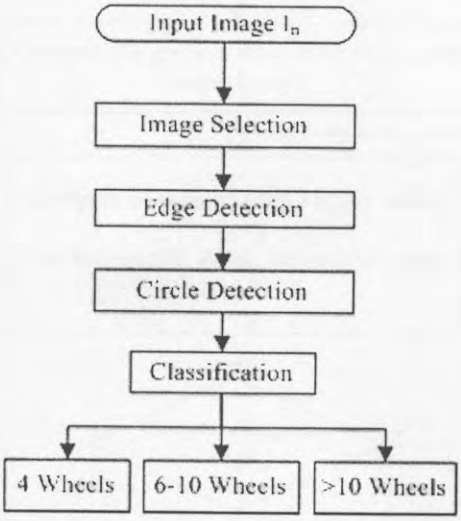
การให้บริการของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยทำให้เกิดรายได้แก่ประเทศต่อปีเป็นเงินมากกว่าพันล้านบาท แต่จากปัญหาการทุจริตที่เกิดขึ้นกับการเก็บค่าผ่านทางทำให้รายได้ของประเทศลดลง ซึ่งเป็นผลต่อรายได้ที่จะนำไปพัฒนาประเทศในด้านต่างๆลดลง จากปัญหาการจัดเก็บค่าผ่านทางข้างต้นได้สร้างความเสียหายให้กับประเทศมากกว่าร้อยล้านบาท จึงได้มีการใช้เจ้าหน้าที่จำนวนมากมาทำการนับยานพาหนะที่ใช้บริการในแต่ละวัน เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับจำนวนและประเภทของยานพาหนะที่ใช้บริการของการทางพิเศษ แต่การนับจำนวนยานพาหนะที่ผ่านช่องเก็บค่าผ่านทางเป็นงานที่หนักสำหรับการใช้คนเป็นผู้นับ เนื่องจากมียานพาหนะที่ใช้บริการทางด่วนในแต่ละวันเป็นจำนวนมากและมีการใช้บริการตลอด 24 ชั่วโมง อีกทั้งยังมีปัญหาของมลภาวะอากาศเป็นพิษทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจต่อผู้ที่ปฏิบัติงานดังกล่าว

ปัจจุบันได้มีการนำระบบจัดเก็บค่าผ่านทางโดยมีการกำหนดช่องเข้าสำหรับการจ่ายเงินของยานพาหนะแต่ละประเภท และมีระบบเก็บเงินอัตโนมัติสำหรับยานพาหนะประเภท 4 ล้อ แต่ยังไม่มีการให้บริการต่อยานพาหนะประเภทอื่น จากเหตุผลข้างต้นจึงได้นำเสนองานวิจัยการจำแนกประเภทยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยการประมวลผลภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดเก็บค่าผ่านทางให้ยานพาหนะแต่ละประเภทสามารถใช้ช่องทางร่วมกันได้ ทำให้ลดจำนวนช่องทางเข้าในบางพื้นที่ที่มีพื้นที่จำกัดและทำให้เกิดการกระจายจำนวนยานพาหนะในแต่ละช่องเก็บเงิน ซึ่งทำให้ลดความแออัดในบริเวณช่องเก็บเงินและเพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบต่อไป

โดยในการทดลองนี้จะมีขั้นตอนการทำงานเป็น 4 ขั้นตอน คือ การเลือกภาพจากวิดีทัศน์ที่กำลังจับภาพถนน การตรวจหาขอบภาพด้วยตัวกรองโซเบล (Sobel filter) การตรวจหาตำแหน่งของล้อยานพาหนะด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ (Hough Transform) และสุดท้ายจะนำผลที่ได้ไปจำแนกประเภทยานพาหนะด้วยวิธีฟัซซี่เคมีน (Fuzzy K-Means) ซึ่งในการทดลองจะมีจำแนกยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ยานพาหนะ 4 ล้อ ยานพาหนะ 6-10 ล้อ และยานพาหนะมากกว่า 10 ล้อ โดยใช้ลักษณะเด่นทางกายภาพของยานพาหนะในแต่ละประเภทในการจำแนก เช่น รัศมีของล้อและระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลังของยานพาหนะ

2. ขั้นตอนวิธีการจำแนกประเภทยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่

ในการทดลองจะมีการใช้ภาพจากวิดีทัศน์ซึ่งเป็นภาพถนนที่มียานพาหนะวิ่งผ่านเป็นอินพุต (Input) เมื่อภาพจากวิดีทัศน์ถูกส่งเข้าสู่โปรแกรมก็จะมีการเลือกเฉพาะภาพที่มียานพาหนะเท่านั้นสำหรับทำงานในลำดับขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานในการจำแนกประเภทยานพาหนะ

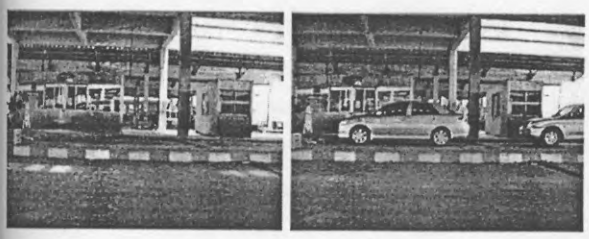
2.1 การเลือกภาพจากวิดีทัศน์

ในการทดลองเริ่มต้นจะมีการเก็บภาพที่ยังไม่มียานพาหนะเพื่อนำมาเป็นภาพเริ่มต้น (I_0) สำหรับใช้เปรียบเทียบหาภาพที่มียานพาหนะ เมื่อวิดีทัศน์ส่งภาพ (I_n) เข้ามาก็จะนำมาเปรียบเทียบกับภาพเริ่มต้น

$$\Delta_n = |I_n - I_0| \tag{1}$$

ถ้ามีความแตกต่าง Δ_n มากกว่าค่าเทรชโฮลด์ (Threshold) ก็จะถือว่าภาพนั้นเป็นภาพที่มีรูปยานพาหนะ (M_n) ก็จะนำภาพที่ได้ไปหาขอบภาพต่อไป

$$M_n = \begin{cases} I_n & ,\Delta_n \geq T \\ 0 & ,\Delta_n < T \end{cases} \tag{2}$$

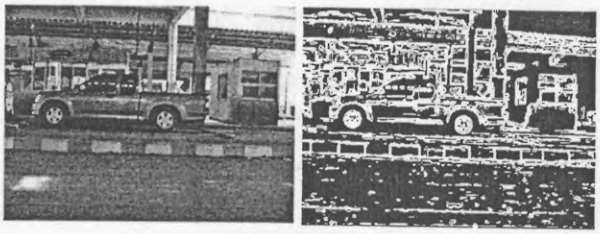


รูปที่ 2 ภาพเริ่มต้น (I_0) และภาพที่มียานพาหนะ (I_n)

2.2 การตรวจหาขอบภาพด้วยตัวกรองโซเบล

การตรวจหาขอบภาพด้วยตัวกรองโซเบลจะใช้ทั้งตามแนวตั้งและแนวนอน โดยการเปรียบเทียบค่าขนาด (Magnitude) ที่ได้กับค่าเทรชโฮลด์สำหรับตัวกรองโซเบล ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหาขอบภาพด้วยตัวกรองโซเบล จะแสดงดังรูปที่ 3

$$pixel(x,y) = \begin{cases} 255 & ,M_{sobel} \geq T \\ 0 & ,M_{sobel} < T \end{cases} \tag{3}$$



รูปที่ 3 ผลการตรวจหาขอบภาพด้วยตัวกรองโซเบล

2.3 การตรวจหาตำแหน่งของล้อยานพาหนะด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ

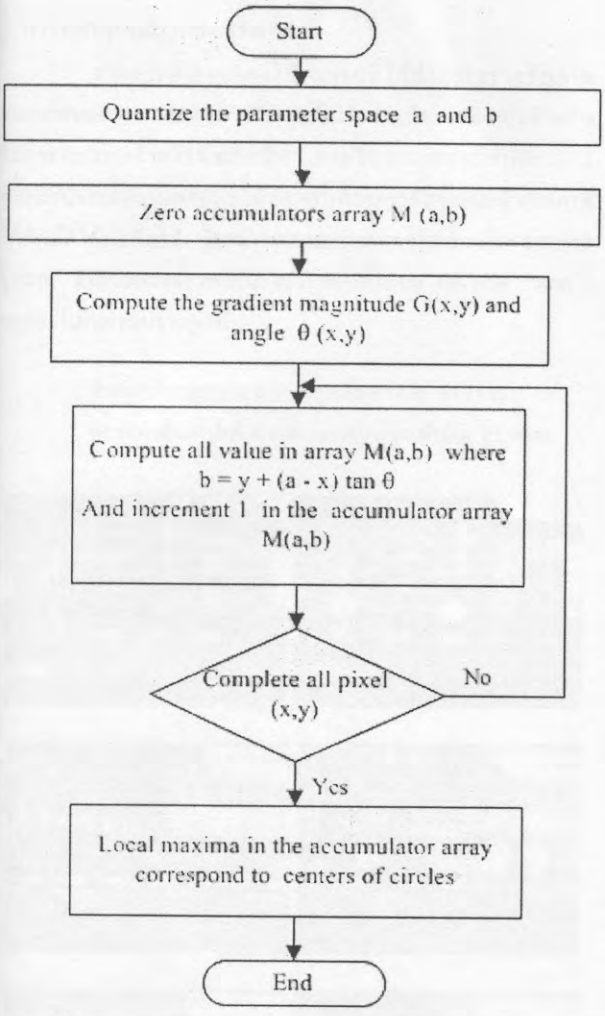
ในการตรวจหาตำแหน่งของล้อยานพาหนะด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ จะเริ่มต้นด้วยการหาตำแหน่งที่เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมโดยจากสมการวงกลม

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2 \tag{4}$$

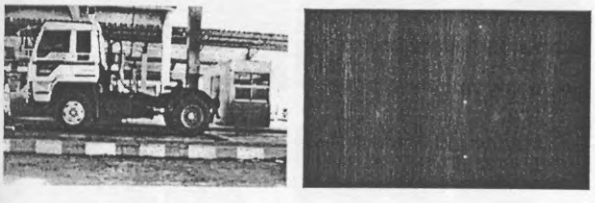
จะมีการสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่า a กับ b และทำการโหวตค่าเพิ่มในตารางด้วยสมการ

$$b = y + (a-x)\tan\theta \tag{5}$$

เมื่อสิ้นสุดการโหวตก็จะเลือกความสัมพันธ์ในตารางที่มีค่ามากที่สุดเป็นตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลมดังแสดงวิธีการโหวตในรูปที่ 4 และเมื่อหาจุดศูนย์กลางของวงกลมได้แล้วก็จะทำการหาขอบของล้อยานพาหนะโดยการพิจารณาจุดภาพ (x,y) ใดๆ ที่อยู่บนเส้นขอบของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่พิกัด (a,b) ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางที่ได้จากเทคนิคการแปลงฮัฟ และมีรัศมีเท่ากับ r โดยจะพิจารณามุม θ ตั้งแต่ 0 – 360 องศา ซึ่งถ้ามีจำนวนจุดภาพที่อยู่บนเส้นขอบของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกัด (a,b) รัศมีเท่ากับ r มากกว่าค่าเทรชโฮลด์ และที่มีจุดศูนย์กลางพิกัด (a,b) รัศมีเท่ากับ r+1 มีจำนวนจุดภาพที่ไม่อยู่บนเส้นขอบของวงกลมมีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮลด์จะถือว่าพิกัด (a,b) เป็นศูนย์กลางของล้อยานพาหนะและล้อยานพาหนะจะมีรัศมีเท่ากับ r



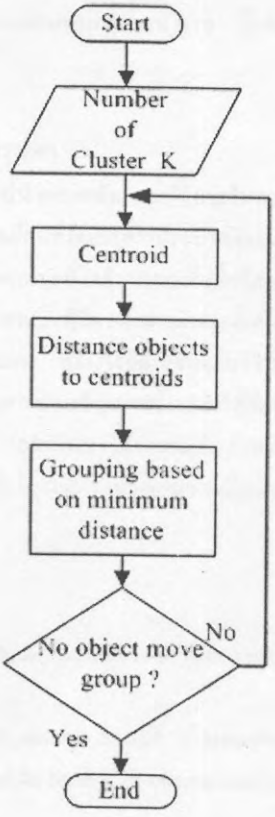
รูปที่ 4 การตรวจสอบหาวงกลมด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ



รูปที่ 5 ผลการตรวจหาจุดศูนย์กลางของล้อด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ

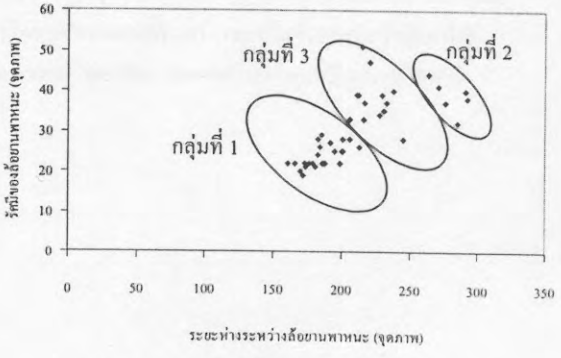
2.4 การจำแนกประเภทยานพาหนะด้วยวิธีฟัซซี่เคมีน

ในการจำแนกประเภทยานพาหนะจะเป็นการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซี่เคมีน (K-means cluster algorithm) ซึ่งประกอบด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มเริ่มต้นในชุดข้อมูลในที่นี้จะมีการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม (ยานพาหนะ 4 ล้อ ยานพาหนะ 6-10 ล้อ และยานพาหนะมากกว่า 10 ล้อ) และกำหนดตัวแทนของแต่ละกลุ่ม สำหรับข้อมูลที่นำมาเป็นกลุ่มทดสอบจะถูกจัดเข้ากลุ่มที่เหมือนกับตัวแทนของกลุ่มมากที่สุด โดยการเปรียบเทียบกับตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่มด้วยวิธีการหาระยะห่างแบบยูคลิด ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 K-means clustering algorithm

สำหรับข้อมูลที่นำมาพิจารณาในการจำแนกกลุ่มของยานพาหนะ คือ รัศมีของล้อและระยะห่างระหว่างล้อของยานพาหนะ ซึ่งเมื่อทำการจำแนกภาพยานพาหนะตัวอย่างจำนวน 43 ภาพด้วยวิธีฟัซซี่เคมีนแล้ว จะสามารถแสดงผลการจำแนกกลุ่มได้ดังรูปที่ 7



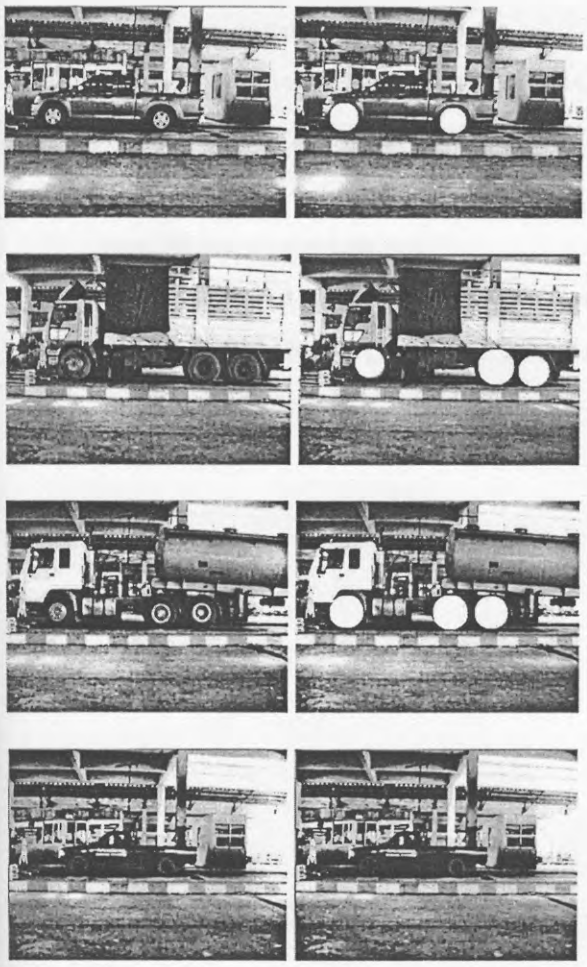
รูปที่ 7 การแบ่งกลุ่มตัวอย่างภาพยานพาหนะ

3. การทดลองและผลการทดลอง

จากการทำงานของโปรแกรมที่ได้ทำการตรวจจับภาพยานพาหนะจำนวน 43 ภาพ ที่นำมาเป็นต้นแบบในการจัดกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบด้วยวิธีฟัซซี่เคมีน และในการทดสอบขั้นตอนการจำแนกประเภทยานพาหนะได้ทดสอบด้วยการรับข้อมูลเข้าเป็นภาพวิดีทัศน์ที่ได้บันทึกไว้ โดยภาพทดสอบมีขนาดความละเอียด 640x480 จุดภาพ จำนวนภาพยานพาหนะในวิดีทัศน์ทั้งหมด 105 ภาพ ผลการทดลองโปรแกรมปรากฏดังนี้

จำแนกประเภทยานพาหนะถูกต้องเท่ากับ 77.14 %

ตรวจหาตำแหน่งล้อยานพาหนะถูกต้องเท่ากับ 81.90 %



รูปที่ 8 ตัวอย่างผลการทดลอง

จากผลการทดลองโปรแกรมสามารถจำแนกประเภทยานพาหนะถูกต้องเท่ากับ 77.14 % และตรวจหาตำแหน่งล้อยานพาหนะถูกต้องเท่ากับ 81.90 % ซึ่งจะเห็นว่าเปอร์เซนต์การจำแนกประเภทยานพาหนะถูกต้องน้อยกว่าเปอร์เซนต์การตรวจหาตำแหน่งล้อยานพาหนะถูกต้อง สาเหตุเนื่องจากรัศมีและระยะห่างระหว่างล้อของยานพาหนะแบบ 6-10 ล้อกับยานพาหนะแบบจำนวนล้อมากกว่า 10 ล้อมีความใกล้เคียงกันในบางรุ่น จึงทำให้มีความผิดพลาดในการจำแนกประเภทยานพาหนะแบบ 6-10 ล้อกับยานพาหนะแบบมากกว่า 10 ล้อ

4. วิเคราะห์และสรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอขั้นตอนวิธีการในการจำแนกประเภทยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่โดยวิธีการประมวลผลภาพ เหมาะสำหรับวิดีทัศน์ที่มีภาพยานพาหนะที่วิ่งด้วยความเร็วที่กล้องสามารถจับภาพได้ชัดเจน และภาพยานพาหนะที่มีความแตกต่างของแกนล้อยานพาหนะกับสีของล้อยานพาหนะมาก อย่างไรก็ตามขั้นตอนวิธีที่เสนออาจผิดพลาดได้ถ้ายานพาหนะในภาพจอดเฉียงมากซึ่งจะทำให้ล้อของยานพาหนะไม่เป็นลักษณะวงกลม ข้อจำกัดของโปรแกรม คือ ภาพยาพาหนะจะต้องไม่มีการซ้อนทับกัน ซึ่งโดยปกติรถที่วิ่งผ่านช่องเก็บเงินจะไม่ซ้อนทับกันอยู่แล้ว

เอกสารอ้างอิง

[1] Jain, R., Kasturi R. and Schunck B. B. 1995. Machine Vision, Singapore

[2] Wong, C., Chen C. and Yeh, S. 2000. K-Means-Based Classifier Design. Proceeding of the Ninth IEEE International Conference, May. 7-10, 2000:48-52.

[3] George J. K. 1995. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications, Prentice Hall

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายพันธ์พงษ์ คงกระพันธ์

จบการศึกษาปริญญาตรี ปีพ.ศ.2537 จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปัจจุบันเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และเป็นข้าราชการสังกัดหน่วยคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี