



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

PROGETTO TOW-AWAY

“Sistema intelligente per il monitoraggio dei passi carrabili”



digicomune

D13. Report sulle attività di dimostrazione e presentazione in modalità demo lab pubblico delle soluzioni prototipali sviluppate

Versione 1.0



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

1. Sommario

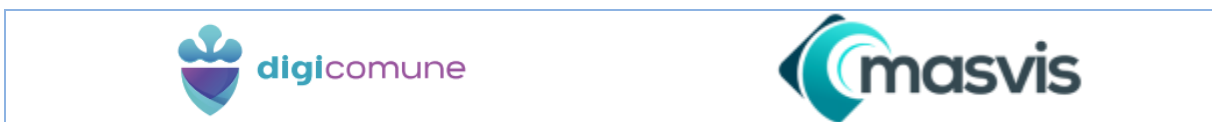
1.	Scopo del documento	6
2.	Introduzione: l'importanza del processo di comunicazione e disseminazione	7
1.1.	2.1 Detection and Validation of Tow-Away Road Sign Licenses through Deep Learning Methods	9
1.2.	2.2 TowAway – Sistema Intelligente per il monitoraggio dei passi carrabili	46
1.3.	2.3 Tow-Away: il sistema informatico di gestione e monitoraggio smart dei passi carrabili	52
1.4.	2.4 Slide divulgative	52
3.	Sede di sottomissione	70





Indice delle figure

Figure 1. The pattern scheme of an Italian tow-away road sign.....	11
Figure 2. The proposed architecture for an integrated system. CNN = convolutional neural networks; OCR = optical character recognition; GPS = Global Positioning System.	18
Figure 3. Examples from the classes of the tow-away road sign image dataset: (a) C1: Close distance and simple scenario; (b) far distance, complex scenario; (c) poor lighting; (d) false road sign or license code featuring missing/wrong information.	22
Figure 4. The bounding boxes drawn by a human annotator to build the ground truth image dataset.....	29
Figure 5. The TensorBoard graph of the loss function (y-axis, step of 0,05) on a subset of the training dataset for the road sign detector: Interesting local minima for the number of training batch cycles results in approximately 3,200,000 and 3,800,000 (green arrows, x-axis= batch size cycle amount, step of million).....	32
Figure 6. The TensorBoard graph of the loss function (y-axis, step of 0,02) on a subset of the training dataset for the license code area detector: Interesting local minima for the number of training batch cycles results in approximately 2,950,000 and 3,900, 000 (green arrows, x-axis= batch size cycle amount, step of million).	33
Figure 7. The prototype of an interactive user-interface for the propose system (functions described with characters A-F in brackets).	37
Figure 8. Slide 1	53
Figure 9. Slide 2	54





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Figure 10. Slide 3	55
Figure 11. Slide 4	56
Figure 12. Slide 5	57
Figure 13. Slide 6	58
Figure 14. Slide 7	59
Figure 15. Slide 8	60
Figure 16. Slide 9	61
Figure 17. Slide 10	62
Figure 18. Slide 11	63
Figure 19. Slide 12	64
Figure 20. Slide 13	65
Figure 21. Slide 14	66
Figure 22. Slide 15	67
Figure 23. Slide 16	68
Figure 24. Slide 17	69





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Indice delle tabelle

Table 1. Metrics for the performance results of the three modules.	34
Table 2. Results for the Probabilistic Score of the three modules.....	35
Table 3. Results for the Probabilistic Score on the 2976 × 3968 image pixel resolution.	35
Table 4. Results for the Probabilistic Score on the 3120 × 4160 image pixel resolution.	36
Table 5. Results for the Probabilistic Score on the 4608 × 3072 image pixel resolution.	36





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

1. Scopo del documento

Scopo del presente documento è di riassumere le attività di divulgazione dei risultati del progetto “Tow Away” sotto forma di demo lab pubblico e attraverso altri canali.





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

2. Introduzione: l'importanza del processo di comunicazione e disseminazione

Secondo il Codice della Strada all'articolo n. 22 e il relativo Regolamento di Attuazione agli articoli n.44 e seguenti, per passo carrabile o passo carraio si intende

“l'insieme delle opere e degli apprestamenti atti a collegare un'area privata, fisicamente delimitata ed idonea allo stazionamento o alla circolazione dei veicoli, ad un'area aperta all'uso pubblico”.

Esso è identificato da un apposito segnale che va affisso sul confine tra la proprietà privata e il suolo pubblico (o proprietà privata ad uso pubblico) in maniera che sia ben visibile dalla carreggiata. Questo cartello mostra nella fascia superiore l'ente proprietario della strada; al centro, la scritta passo carrabile con il logo del divieto di sosta; nella parte inferiore il numero di autorizzazione che rileva l'anno di rilascio. Il segnale deve avere una dimensione di 45 x 25 cm e dimensioni maggiorate di 60 x 40 cm. La persona che vuole usufruire di questo servizio deve fare richiesta al proprio comune e pagare un canone, al fine di ottenere il cartello. Fatto ciò, può recarsi, con la ricevuta di pagamento, al comando della Polizia Municipale del comune di appartenenza e prendere possesso del cartello. Non sono soggetti al pagamento di questo canone i passi carrabili degli accessi temporanei su strada in occasione di cantieri edili, i passi carrai dello Stato, delle Regioni, delle Province, dei Comuni e loro Consorzi. Essendo una tassa come tante altre, deve essere pagata, ma, purtroppo, molti comuni stanno segnalando, quasi ogni giorno,



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

centinaia di passi carrabili falsi, i quali non presentano nessun numero di autorizzazione, oppure la denominazione del comune, o ancora la data di rilascio.

Nei paesi dove la gestione dei servizi pubblici non ancora del tutto informatizzata, il controllo tempestivo della validità di una licenza porta a diversi problemi, tra cui mancate entrate nelle amministrazioni pubbliche. Stessi problemi derivano dall'uso fraudolento e abusivo dei passi carrabili non a norma.

Per questi motivi emerge la necessità di utilizzare sistemi automatici in grado di identificare la segnaletica stradale privata rimovibile (Es. Passi carrabili) e riconoscerne la validità.

Tow Away ha effettuato una corretta campagna di disseminazione e comunicazione. In particolare:

- ha predisposto un articolo scientifico dal titolo "Detection and Validation of Tow-Away Road Sign Licenses through Deep Learning Methods".
- Ha predisposto un abstract paper dal titolo "TowAway – Sistema Intelligente per il monitoraggio dei passi carrabili".
- Ha predisposto e pubblicato un articolo di giornale dal titolo "Tow-Away: il sistema informatico di gestione e monitoraggio smart dei passi carrabili".
- Ha predisposto delle slide divulgative per gli stakeholders.
- Ha realizzato tre demo lab permanenti presso i comuni di Modugno, di Palo del Colle e di Bitritto



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

2.1 Detection and Validation of Tow-Away Road Sign Licenses through Deep Learning Methods

Per motivi di sintesi, si riporta nel seguito il testo nell'ultima versione dell'articolo scientifico "Detection and Validation of Tow-Away Road Sign Licenses through Deep Learning Methods" avendo lo stesso subito numerose fasi di correzione.

Detection and Validation of Tow-Away Road Sign Licenses through Deep Learning Methods

Abstract: This work presents the practical design of a system that faces the problem of identification and validation of private no-parking road signs. This issue is very important for the public city administrations since many people, after receiving a code that identifies the signal at the entrance of their private car garage as valid, forget to renew the code validity through the payment of a city tax, causing large money shortages to the public administration. The goal of the system is twice since, after recognition of the official road sign pattern, its validity must be controlled by extracting the code put in a specific sub-region inside it. Despite a lot of work on the road signs' topic having been carried out, a complete benchmark dataset also considering the particular setting of the Italian law is today not available for comparison, thus the second goal of this work is to provide experimental results that exploit machine learning and deep learning techniques that can be satisfactorily used in industrial applications.





Keywords: Tow-away sign; Italian road sign; pattern recognition; deep learning

1. Introduction

The global economic crisis resulted in different consequences in some countries, leading to a rationalization of public spending and more careful resource management to face the lack of economic incomes for city communities, and often forcing public administrators to cut services or raise taxes. In this context, a tow-away (or driveway) sign is the set of objects for delimiting a private area (such as a car garage) that overlooks an open-to-public one suitable for stationing or moving vehicles; its goal is to prevent anyone (including the owner) from parking a vehicle in the demarcated area (set by law), allowing continuous moving into the private property.

Generally, and more specifically in Italy, a tow-away area is identified by a special sign that is put on the border between the private property and the public land; it has dimensions of 45 × 25 cm (or, when increased, of 60 × 40 cm) and it is composed in the upper band by the owner of the road (the municipality name), in the middle by the words, 'passo carrabile', together with a red prohibition symbol, while in the lower area, there is the authorization code and the issue date (a scheme is in Figure 1).

In countries where the transition from the manual management of the public utilities to a computerized one has not been completed and centralized, checking the validity of a license in good time becomes a problem that leads to delays and misunderstanding; also, when the paper records are not updated or there have been worker rotations. Another serious problem is the fraudulent and abusive use of such signs, with non-regulatory dimensions or with absent and counterfeited codes. Due to these reasons, the need of





automatic systems that recognizes private tow-away road signs emerges, also to prevent citizens from having rights that are not due at the expense of others. It must also be considered that once a license has expired, until the new payment is made, the owner must remove this signal, and being able to contest the improper use of the signal in the missed period can be advantageous for the government.

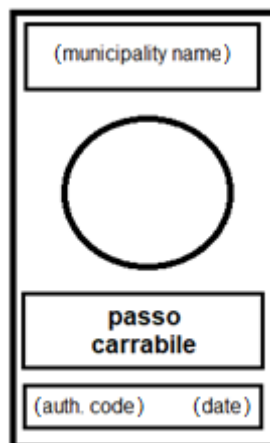
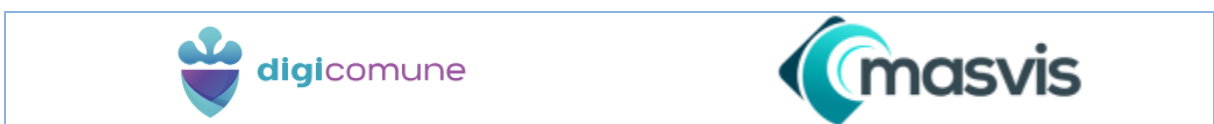


Figure 1. The pattern scheme of an Italian tow-away road sign.

The problem of recognizing figures and patterns has been dealt for a long time in the field of pattern recognition and artificial vision, with methodologies starting from the development of visual descriptors up to the classification using machine learning and deep learning techniques. In this work, a pre-trained model of a convolutional neural network will be exploited that automates the coding of visual features: In this way, our contribution can be identified primarily in the creation of the first manually annotated





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

dataset built from real tow-away sign images. Secondly, it demonstrates that a dataset with such characteristics, after the fine-tuning of the state-of-art deep learning model, is sufficient to obtain interesting recognition performances.

The work is organized as follows: In Section 2, the related works are presented, Section 3 presents the system architecture and introduces the image dataset while in Section 4 the technologies and the employed algorithms are described. The experimental setup with results and comments is in Section 5 while, finally, in Section 6, there are conclusions and future works.

2. Related Works

The problem that this work faces is typical of pattern recognition and, more specifically, refers to object detection and classification where input data are images with a lot of variables (hardware and camera distortions, light changes, occlusions, distance, and so on) and, moreover, there is the license information consisting in printed strings made by literal and numerical patterns. In the literature, there are three main different approaches when approaching the object detection/classification related to the evolution of technologies and, moreover, belonging to hardware costs decreasing and to computational power increasing.

The first approach is related to hardware solutions and to the IoT (Internet of Things) paradigm, where small and cheap sensors and network systems are exploited. Berder, Quemerais et al. [1] propose a system for cooperative communication between vehicles and “intelligent” road signs exploiting autonomous radio communications while





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Katajasalo and Ikonen [2] have the same approach of a wireless identification, but using simple mobile devices, like smartphones and dedicated WLAN (wireless local area network). In Nejati [3] and in Guo et al. [4], systems designed via RFID (radio-frequency Identification) and M-RFID (mobile RFID) are exploited to avoid traffic violations leading to car crashes, as done also by Jagriti et al. [5] while testing RFID readers installed on the underside of vehicle models, and by Paul et al. [6] when testing the distances between RFID sensors. With the goal of providing alternative paths to specific road signs, Quiao et al. [7] and Li et al. [8] focus on the 'Stop' road sign to reduce vehicle emissions by avoiding queues and unnecessary crossroad waiting.

The second approach refers to the exploit of classic pattern recognition and computer vision visual descriptors that during the time have been included in various software libraries. Lauziere et al. [9] propose a responsible system for identifying regions of interest (ROI's) on color space labeling and connectivity. In Gil-Jimenez et al. [10], a classification based on comparison between the FFT (Fast Fourier transform) of the signature of a blob and the FFT of the reference shapes used in traffic signs emerges while a focus on the 'Stop' road sign is in Reference [11]. Carrasco et al. [12] execute a comparison between two methods used in the past for detection and recognition of road signs: Template matching and feed-forward neural networks while neural networks are also exploited by Miyata [13] for speed limit numbers recognition using an eigen space method and color features. Bose et al. [14] focus on enhanced dual-band spectral analysis in the hue-saturation-intensity (HSI) and RGB (Red Green Blue) domains while Marmo et al. [15], in 2006, enhanced identification of rectangular signs through the optical flow and



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Hough transform; Nguwi and Kouzani [16] present classification methods applied to road sign recognition divided into color-based, shape-based, and others, while Bui-Minh, Ghita et al. [17,18] face video detection and object occlusions.

In Krishnan et al. [19], a Bundle Adjustment improves the estimates obtained using triangulation by adjusting the camera's pose estimate, and Belaroussi et al. [20] propose a case of study comparing results obtained by three algorithms, i.e., single pixel voting (SPV), contour fitting (CF), and pair-wise pixels voting (PWPV). Considering References [21,22], the detection, classification, and positioning with SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) and bag of words (BoW) descriptors emerges while the purpose of Perry and Yitzhaky [23] is the understanding of road signs in vehicular active night vision through segmentation and illumination correction. Regarding the specific Italian context in which this work is concerned, there are noticeable results by Lombardi et al. [24]. A study comparing various visual descriptors is present in Russell and Fischaber [25] while Ding et al. [26] develop a system for detection and identification using the SURF (speeded-up robust features) [27] algorithm and GPGPU (general-purpose gpu) programming model. In Lin et al. [28], there is a hybrid approach based on adaptive image pre-processing models and two fuzzy inference schemes checking light illumination and the red color amount of a frame image.

Afridi et al. [29] use seven evolutionary models for the problem of road detection and identify vision features that enable a single classifier to successfully classify regions of various roads as opposed to training a new classifier for each road type; Bousnguar et al. [30] present a detection and recognition system, which first segments the image using a



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

combination of RGB and HSV (hue saturation value) colors spaces and then searches for relevant shapes (circles, triangles, squares) using the Hough transform and corner detection with a support vector machine (SVM) while also Athrey et al. [31] implement an algorithm for traffic sign detection based on thresholding, blob detection, and template matching.

The machine learning approach, of which the deep learning paradigm results are more innovative and performing on videos and images, is the one exploited in this work and represents the evolution of the previous approaches abstracting the coding of visual features while demanding their detection to a series of convolutional filters (layers). One of the first approaches using convolutional neural networks (CNN) for road sign shape searching is in Adorni et al. [32] and in the work of Li and Yang [33], where deep Boltzmann machines are exploited for the road sign detection. Yang and Wang [34] propose an identification based on a learning wavelet for a directional multi-resolution ridgelet network (DMRRN) while Kouzani [35] exploits the ensemble learning that combines decisions of multiple classifiers.

Moreover, Hoferlin and Zimmermann [36] introduce local SIFT features for content-based traffic sign detection along with a technique called contracting curve density (CCO) to refine the localization of the traffic sign candidates. Islam et al. [37] also faced the recognition of Malaysian road and traffic signs from real-time videos coming from a camera on a moving vehicle by exploiting hybrid color segmentation and a multilayer artificial neural network. Overviews about road sign recognition and machine/deep learning are in Schmidhuber [38] and Stallkamp et al. [39], while in Huang et al. [40], an





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

extreme learning machine (ELM) whose infrastructure is a single hidden-layer feed-forward network with histogram of gradient descriptors as features is employed. Filatov et al. [41] introduce the detection and recognition of traffic signs in real time a system based on a Raspberry Pi 2 and a webcam using color filters and morphological identification with a perceptron neural network. Vokhidov et al. [42] use CNN to recognize damaged arrow-road markings as input for an advanced driver assistant system (ADAS).

In Fulco et al. [43], CNN are used to classify specific German road signs, a task that resembles what was done in this work with the Italian ones; Hemadri and Kulkarni [44] develop a detector based on SVM [45] with the creation of an Indian benchmark signs dataset. Zhang et al. [46] use a probabilistic neural network to enhance visual features classification, and Borowsky et al. [47] and Cornia et al. [48] analyze eye movements to localize road signs and human behaviors in real-time driving while, finally, Abdi and Meddeb introduce in-vehicle augmented reality (AR) [49].

3. System Design and Image Dataset

To accomplish the specific tasks required and designed for a practical use, there are some constraints that are very important to be fulfilled by the Integrated System:

1. It must to be cheap and suitable for portable devices;
2. It must already be working and applicable on an industrial level without (a lot) of optimization;



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

3. It must to be easily used by non-IT skilled people (policemen and public officials) and mounted on official law enforcement vehicles in a transparent way;
4. It must provide the validation while interacting with public offices' databases (also in real-time) as well as saving the image together with other meta-data (acquisition date, place, author).

The system will be calibrated and tested for the Italian context and, more specifically, in the typical urban environment formed by small or medium streets and large, but circumscribed, plazas. Assuming to mount the acquisition device on a police patrol car, the speed with which the acquisition hardware moves through the streets and its distance from the objectives are considered as variables that do not impact strongly on the results, as the police cars move in an orderly manner and with a speed harmonized to standard city traffic. Photos taken at a set time of only those with a pattern classified according to an acceptance threshold as a tow-away signal will be stored in the training dataset, also proceeding to identify its license validity.

The architecture in Figure 2 is implicitly divided into three sub-systems:

- Acquisition system: The hardware devices used for the images input, consisting of a portable photo/video recorder and a GPS (Global Positioning System) locator for the geographical metadata;
- Core system: Manages the raw input and exploits different technologies such as CNN, image segmentation, and optical character recognition (OCR) into a pipeline that accomplishes three tasks (object detection, pattern extraction, text extraction);





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro



PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

- Archive system: Constituted by an informative system (logically) dedicated to store the image dataset and the extracted metadata (sign code and year, date, time, location); moreover, there are two external modules dedicated respectively to the extracted data management (code validation, info visualization, alerts notification) and to the new images annotation through a visual tool.

This work is focused on the core system (components in the red square of Figure 1) and for this reason, the implementation aspects of the other two parts will be only mentioned.

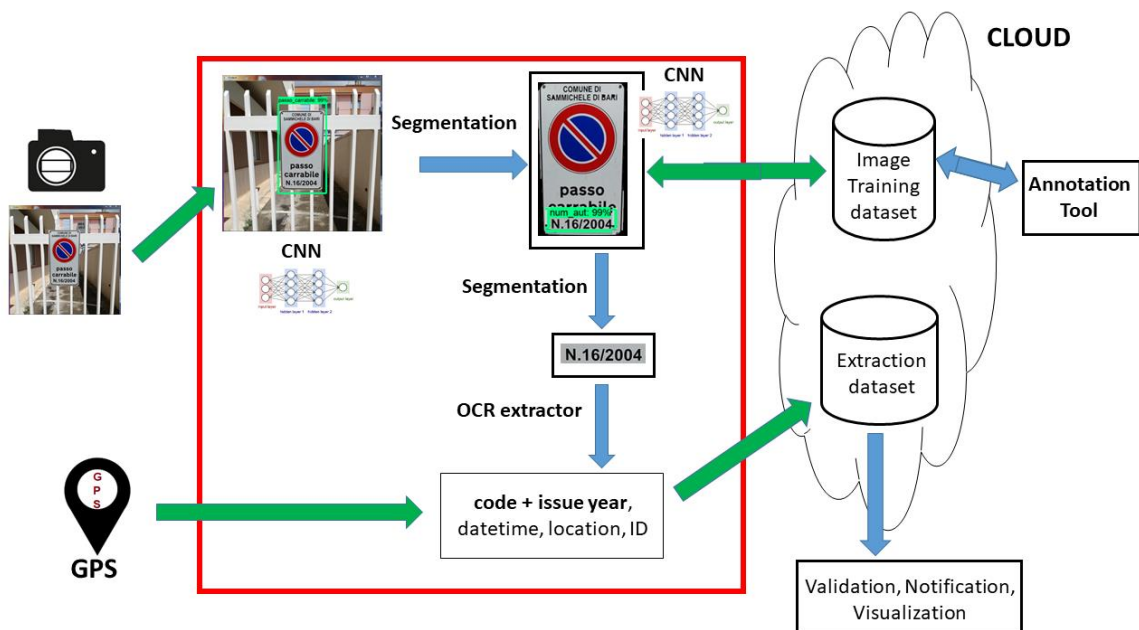




Figure 2. The proposed architecture for an integrated system. CNN = convolutional neural networks; OCR = optical character recognition; GPS = Global Positioning System.







**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

The Tow-Away Road Sign Image Dataset

The acquisition and management of real images related to the tow-away road signs has the goal of building a dataset with which the machine learning component based on the convolutional model is trained and tested. In this way, they acquired and managed a total of 800 photos, divided into five different classes (Figure 3):

1. C1: 160 tow-away road sign closely photographed in a simple scenario;
2. C2: 160 tow-away road sign photographed from a distance, in a complex scenario with other elements (plants, machines, light poles, etc.);
3. C3: 160 tow-away road sign photographed in low light (photos taken in late afternoon/ evening);
4. C4: 160 tow-away road sign without authorization number and/or date and city name (a false license);
5. C5: 160 photos featuring a scenario without the tow-away road sign.

The image dataset is made up by five different image categories (also manually labeled as them) with the aim to train the convolutional model with the largest possible variety of the desired pattern so the final trained model will be able to recognize all the possible visual instances of a tow-away road sign pattern (also





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

unseen before). Since the tow-away road sign pattern must be, by law, the same in the whole country, we can argue that the system will perform the same in each Italian city. What can affect the performances are the different environmental configurations (mountain, plain, hill, etc.) or dynamics (weather, speed, and acquisition inclinations, etc.), and for this reason, in the diagram of Figure 2, it is depicted a two-way arrow between the CNN model and the 'image training dataset', meaning that a continuous updating of the dataset triggers the periodic re-training of the model.

For each class, different hardware devices have been exploited to obtain three-pixel resolutions: Smartphone p8 Lite 2017 for the 2976×3968 resolution and the p9 Lite for the 3120×4160 resolution. A further device (reflex Nikon D3100) has been specifically used for the photos at the 4608×3072 resolution concerning the C2 class with the aim to simulate distant objects, but with a good level of detail.

In this way, the following sub-dataset(s) results:

1. D1: 2976×3968 photos:
 - 48 photos belonging to the C1 class;
 - 15 photos belonging to the C3 class;
 - 86 photos belonging to the C4 class;
 - 79 photos belonging to the C5 class.





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2



(a)



(b)



(c)



(d)



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



Figure 3. Examples from the classes of the tow-away road sign image dataset: (a) C1: Close distance and simple scenario; (b) far distance, complex scenario; (c) poor lighting; (d) false road sign or license code featuring missing/wrong information.

2. D2: 3120 × 4160 photos:

- 112 photos belonging to the C1 class;
- 106 photos belonging to the C2 class;
- 145 photos belonging to the C3 class;
- 74 photos belonging to the C4 class;
- 81 photos belonging to the C5 class.

3. D3: 4608 × 3072 photos:

- 54 photos belonging to the C2 class.
-

4. System Development: Technologies and Algorithms



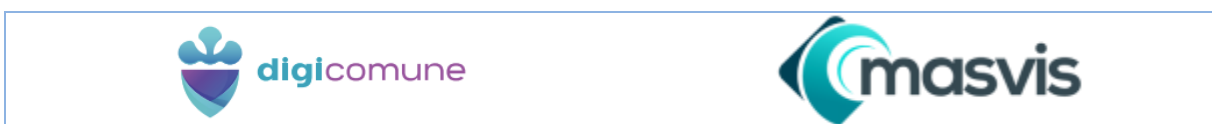


In this section the software, the models, and the algorithms used and customized to build a first prototype of the integrated system designed in Figure 2 are described, also explaining the reasons, merits, and defects of their use.

4.1. Tensorflow and Region-based Convolutional Neural Networks Model

A CNN is a model of a neural network architecture made by a succession of three-dimensional layers that represent filters on portions of an image, able to automatically recognize and extract heterogeneous visual features (angles, colors, gradients, shapes, etc.). The Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN), not to be confused with a Recurrent Neural Network model (RNN), consists of three steps. In the first one, an image region is proposed, then its features are extracted, and, finally, all regions are classified according to their common features. Basically, it turns the object detection task into a problem of image classification. Since R-CNN models are very slow, their immediate descendant model (Fast-R-CNN) resembles the original in many ways but improves its detection speed by extracting features before proposing regions, so that performing only one CNN on the entire image instead of n CNN on over n overlapping regions.

TensorFlow is a machine learning library that supports a variety of applications and tasks, with a focus on deep learning and convolutional neural networks. It is a second-generation application programming interface (API) currently used by Google in both research and business products, such as speech recognition, Gmail, Google Photos, and Search. Tensorflow [50] has been released under the open source Apache 2.0 license on November 9th, 2015 and uses the data flow graph to represent all the computation and





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

status in an automatic learning algorithm, including individual mathematical operations, parameters with their update rules, and input pre-processing. The data flow graph expresses the communication between the sub-computations explicitly simplifying the execution of parallel calculations: Each vertex represents a local computational unit and each edge represents the output from, or input to, a vertex while all data are modeled as tensors (n -dimensional matrices) with elements that have a small number of primitive types, such as int32, float32, or string; tensors naturally represent the inputs and results of common mathematical functions in many machine learning algorithms.

One of the utilities that TensorFlow offers for object recognition tasks is a pre-trained R-CNN model [51] that is responsible for defining the new state-of-art for classification and detection in large-scale visual recognition challenge: Its main hallmark is the improved use of computational resources that, thanks to a careful design, allow an increase of the depth and width of the graph network while keeping the computational budget constant. Over the years, different versions of this model have evolved, with the aim of reducing the error rate in the test phases.

The R-CNN model used the COCO (common objects in context) set for its pre-training. It is a large image dataset designed for object detection, segmentation, detection of key points, and generation of captions by exploiting annotations. Image objects as patterns are labeled using the segmentation to facilitate the precise pixel location: The dataset contains photos of 91 classes that would be recognizable and, with a total of 2.5 million instances labeled in 328,000 images, the COCO projects permits pre-training of a CNN





model that can be customized and specialized by further training on new classes and object patterns.

4.2. Image Segmentation

This algorithm must extract all the areas of interest identified in the input image from the two detectors via the R-CNN model. Our system will be used the first time to extract the entire tow-away road sign pattern and the second one to extract the sub-area containing the printed text of the license information (code and date).

The method extracts foreground objects from an image requiring little iteration since the only input required is to draw a bounding box around the target object that is the R-CNN input since the training images are labeled and the output on the test ones is obtained in the form of box coordinates.

The steps are:

1. Take as input the foreground, the background, and the unknown part of the image that may be in the foreground or in the background. This is normally done by selecting a rectangle around the object of interest and marking the region within this rectangle as unknown. The pixels outside this rectangle are marked as a 'known background';
2. Create an initial segmentation of the image where unknown pixels are placed in the foreground class and all known background pixels are classified as backgrounds;
3. The foreground and the background are modeled using the Gaussian Mixture Models (GMMs) in Equation (1);





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

4. Each foreground pixel is assigned to the most probable Gaussian component in the GMM in the foreground and the same process is done with the pixels in the background, but with GMM components in the background;
5. The new GMMs are learned from the pixel sets that were created in the previous steps;
6. A graph chart is created and a graph cut is used to find a new classification of pixels both in the foreground and in the background;
7. Steps 4–6 are repeated until the classification converges.

$$F_{\alpha, \mu, \sigma^2}(X) = \sum_{j=1}^m \alpha_j \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_j}} e^{-\frac{(x-\mu_j)^2}{2\sigma_j^2}}. \quad (1)$$

4.3. Optical Character Recognition Extractor

In this work, the OCR module is used in the final part of the whole system to simulate the license validation task by extracting from the tow-away road sign the printed area with the code that has to be compared with the official one registered in an external database.

Most of the techniques on which optical character recognition systems are based are borrowed from pattern recognition and image processing focusing on specific object classes, such as letters, digits, and special symbols, for punctuation and formatting.





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

A typical OCR system consists of several components, starting from the source (digitizing the analog document) and from the localization of regions, where each symbol is extracted through the segmentation process; they must be pre-processed, cleaned by background noises through filters, and normalized by size, inclination, and rotation. The identity of each symbol is found by comparing the features extracted with descriptors of symbol classes, obtained through previous learning, template matching, statistical techniques, or dictionaries. Finally, the information is used to reconstruct words and numbers of the original text by grouping them and correcting errors.

The pipeline to extract information from an image is as follows:

1. Adaptive thresholding that converts the image into a binary version;
2. Analysis of the page layout to extract the blocks of the document;
3. Detection of the baselines of each line and division of the text into pieces using spaces;
4. Characters are extracted from the words and the text recognition is performed in two steps. In the first, using the static classifier each word found is passed to an adaptive classifier as training data; later, the second pass is performed on the whole page using the newly learned adaptive classifier, where words that have not been recognized well enough are recognized again.

5. Metrics, Experiments, and Results





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

The acquisition of the tow-away road signs dataset is a necessary, but not sufficient, condition to execute the training of the R-CNN model of the system: Since it is exploited, a supervised machine learning technique, they require labeled examples (objects into the images) to train a model that must learn to discriminate or generate new examples based on those previously seen.

5.1. Performance Evaluation Metrics

Each image of the dataset has been annotated by humans (Figure 4) to create a ground truth dataset, where a green square identifies the road sign area and a blue square identifies the license code area: In this way, for each image, an XML file will be created containing the bounding boxes description from which the R-CNN model learns 'what to look', i.e., the location where is placed the patterns of interest that must to be identified and extracted from other images.





Figure 4. The bounding boxes drawn by a human annotator to build the ground truth image dataset.

With this image annotation, the Jaccard Index or Intersection over Union can be exploited, an evaluation metric calculated for a recognition task. It measures the road sign recognition rate by comparing the original ground truth bounding box area (named A) (obtained from the manual annotation with XY pixel coordinates) with a new one (named B) predicted by the model.

In Equations (2) and (3), the numerator represents the overlapping area while the denominator is the joining one, i.e., the total area made by both the boxes. Once this value has been calculated, it can be considered a value greater than a threshold, t , as an index of a good forecasting performance.





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (2)$$

Considering A and B as two-pixel areas linearized as vectors, $\mathbf{A} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ and $\mathbf{B} = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, then:

$$J(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^n \min(x_i, y_i)}{\sum_{i=1}^n \max(x_i, y_i)} \quad (3)$$

Other metrics exploited on the image pixels that, in this work, will be used to measure the system global detection performance on the test set after the training will be:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (4)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (5)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (6)$$

$$f1\text{-score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (7)$$

where each variable is a counter and:

- TP are true positive cases, road sign present in the image and detected by the system;
- TN are true negative cases, road sign not in the image and not detected by the system;
- FP are false positive cases, road sign not in the image, but detected by the system;
- FN are false negative cases, road sign present in the image, but not detected by the system.

If the object recognition output (R-CNN accuracy) overcomes a threshold, $t \in I, 0 \leq I \leq 1$ ($t = 0.9$ for example), then the proper case counter is increased; this metric will be





used for the evaluation of both the tow-away road sign and the license information (code number and date) detection.

The previous metrics give a global and absolute evaluation of the system for the object recognition and classification tasks (measuring 'if' the object is present), but it is also useful to evaluate the Global Probabilistic Score that tells 'how much' the object has been recognized (i.e., no longer considering the threshold value).

In this way, for each class C of the dataset, from (8), the value P_s as the mean for the accuracy score p_i calculated for the i -th input image will be calculated:

$$P_s(C) = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \quad (8)$$

5.2. Experimental Design

To validate the system measuring its performances, it is useful to consider it as composed by two separated detectors (road sign pattern and license information) deploying a K-Fold Cross Validation design for their training (and testing), with $K = 4$, where the dataset is split into K equally numerous folders.

In four iterations, three folders are used in turn for training while the left one is for the testing, with the aim to optimize the model internal parameters and weights. In each of the four iterations, the R-CNN model will cycle on the training dataset for m times since it does not process its input one-at-a-time, but to increase the throughput, arranges data in blocks of a certain size (batch size value).





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

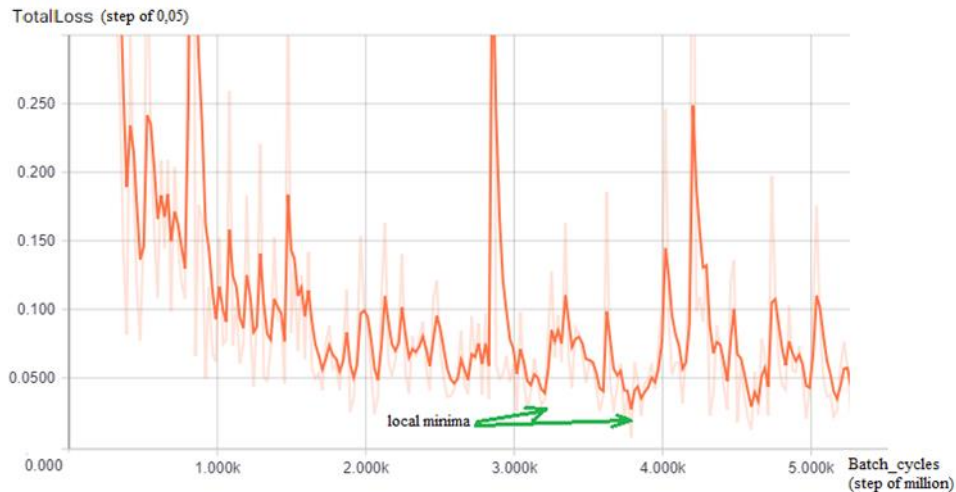


Figure 5. The TensorBoard graph of the loss function (y-axis, step of 0,05) on a subset of the training dataset for the road sign detector: Interesting local minima for the number of training batch cycles results in approximately 3,200,000 and 3,800,000 (green arrows, x-axis= batch size cycle amount, step of million).

The training of a CNN is a very time-consuming activity even when using a pre-trained model, which retains its original weights about the classes, and updates them with new images in the training set; since, in this work, a Tensorflow R-CNN is adapted to guess how many batch cycles are required to reach an acceptable loss value, the TensorBoard tool has been used: By performing a preliminary training phase on a subset of the entire dataset (35%), a graph of the loss function identifying oscillating trends has been visualized, but with local and global minima (green arrows) for each of the two detectors (Figures 5 and 6) from which comes that in the case of the first detector (tow-away road signs), the value to choose is 3,200,000, reaching a minimum loss of 0 048 while for the





second detector (license code information), the batch value chosen is 2,950,000 , reaching the minimum loss of 0.025.

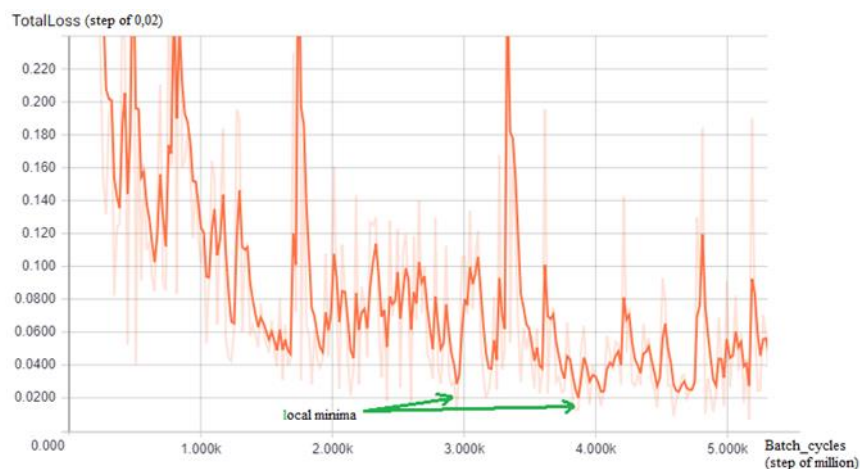
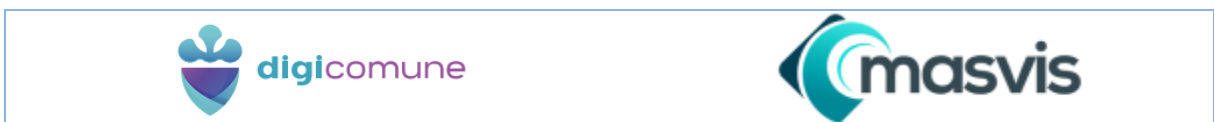


Figure 6. The TensorBoard graph of the loss function (y-axis, step of 0,02) on a subset of the training dataset for the license code area detector: Interesting local minima for the number of training batch cycles results in approximately 2,950,000 and 3,900, 000 (green arrows, x-axis= batch size cycle amount, step of million).

Finally, a new class, ‘Italian tow-away’, has been added to the convolutional model so that, in its last output layer, it will be considered a new output class related to the pattern on which it was trained and specialized with the ground truth dataset built in this work.

5.3.Experiment Execution and Discussion

To perform the experimental phase, the three functional modules (Road Sign detector, License Info detector, OCR string extractor) have been managed separately since the amount of training images change between them and, above all, we were





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

interested in highlighting each other's strengths and weaknesses; moreover, s0 represents the first detector (R-CNN) at its initial step, i.e., without the specific training for the tow-away road sign using the new images of our specific ground truth dataset.

For the Road Sign detector training, each of the K = 4 fold was made up of 160 images, divided proportionally to the five categories mentioned above, for a total of 640 images, since images that did not contain tow-away road signs (without any annotation) were left out. For the License info detector training, each fold was made up of 120 images, divided proportionally to the categories mentioned above, for a total of 480 images, leaving out images that not only did not contain tow-away road signs, but also lack the printed string area annotation. Results for the global performance of the two detectors, employing all the previous metrics, are in Table 1 (threshold values for the detectors are, respectively, 0.90 and 0.95).

Table 1. Metrics for the performance results of the three modules.

	TP	TN	FP	FN	Accuracy	Precision	Recall	f1-score
Road Sign det.	616	0	14	10	96.25	97.78	98.40	98.09
License Info det.	465	0	4	11	96.88	99.15	97.69	98.41

TP = true positive cases, TN = true negative cases; FP = false positive cases; FN = false negative cases.

The detection results are all over 96%, with a weak supremacy of the License detector over the Sign one (only the Recall 98.4% is in favor of the first one); the two f1-scores are very near (98% and 98.4%) while the License precision reaches over 99%.

For the OCR extractor global results, considering that all the false road signs have been removed from the training dataset (and not being interested to annotate invalid





UNIONE EUROPEA

Ministero dello Sviluppo Economico

Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico, Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti

INNO LABS

POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

string areas), the results are expressed in the form of ‘recognized’ (425) and ‘not recognized’ (55), simulating a matching between the extracted strings and code with the real one contained in a database. The final result for the simulation of the Validation task is $(425/480) \times 100 = 88.5\%$.

Probabilistic Score

Results for the Probabilistic score with cross validation mode are in Table 2 from which it comes that, for the two detectors, results are always over 94.8% for each test folder of the $K = 4$ training cycles, and over 86.5% for the OCR extractor. Sign reaches a mean of 97.4% while License (that in the working pipeline comes after the first detector) has a mean of 96.6%. The third stage of the system results are a little weaker since the string translation from the OCR extractor reaches a global score of 88.5%, deviating by about 8% from the other two.

Table 2. Results for the Probabilistic Score of the three modules.

	Road Sign Det.	License Info Det.	OCR Extr.
Fold 1	95.3	96.3	89.2
Fold 2	97.8	98.1	90.8
Fold 3	98.3	97.2	87.5
Fold 4	98.3	94.8	86.6

Considering the different sub-datasets about image pixel resolution, results are in Tables 3–5.

Table 3. Results for the Probabilistic Score on the 2976×3968 image pixel resolution.

	s0	Road Sign Det.	License Info Det.	OCR Extr.	Mean
C1	10.23	99.00	96.85	85.85	72.98





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro



Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

C2	--	--	--	--	--
C3	2.58	99.00	98.95	94.25	73.69
C4	13.48	96.73	99.28	--	100,00
C5	--	100,00	--	--	100,00
Mean	8.76	98.68	98.36	90.05	

Table 4. Results for the Probabilistic Score on the 3120×4160 image pixel resolution.

	s0	Road Sign Det.	License Info Det.	OCR Extr.	Mean
C1	7.95	97.25	98.05	92.73	73.99
C2	0.25	96.03	90.45	80.20	66.73
C3	1.40	96.90	98.95	90.40	71.91
C4	11.75	97.78	98.90	--	69.48
C5	--	100,00	--	--	100,00
Mean	5.34	97.59	96.59	87.78	

Table 5. Results for the Probabilistic Score on the 4608×3072 image pixel resolution.

	s0	Road Sign Det.	License Info Det.	OCR Extr.	Mean
C2	0.13	99.00	98.95	92.60	72.67

Taking the three system modules (plus the not-trained detector), it is possible to see that *s0* is totally unable to recognize the pattern (new class) of the Italian tow-away road sign, always below 10%, above all on long distance images (0.13%); globally, considering the whole dataset, the system results are more confident in recognizing images from C1 with a mean of 73.5% followed by C3 (72.8%) and with equal scores between C2 and C4 (69.7%).

After the new training, Signal reaches over 97.5% on each pixel resolution, with excellent results and strong increase on images at a further distance and higher resolution





(from 0.13 to 99%). For each resolution, License has a performance a little lower than Signal (between 0.05% and 1%), but it is OCR that determines the decrease in performance in the final step of the system (from -6.36% to -8.83%).

When tested on images where there is no pattern of a road sign, the system is never wrong (100%), but this result suggests an increase of the images of class C5 trying to 'deceive' the system with similar or false patterns; in the 2976 × 3968 sub-dataset, the best-recognized class is C3 (variable lightness, 73.69%) while in the 3120 × 4160 resolution, it is C1 (close distance and normal lighting, 73.99%), the most recognized one.

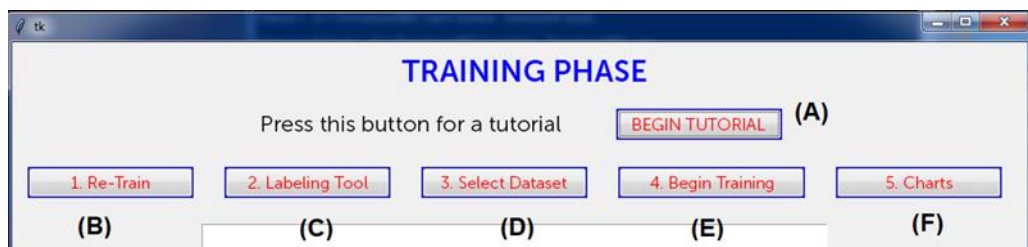
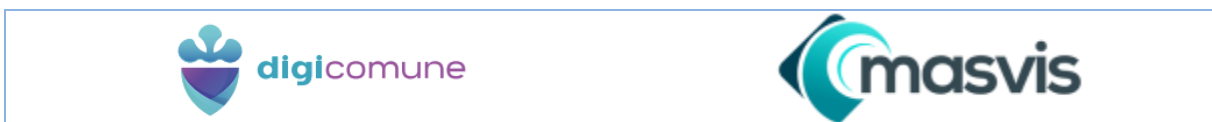


Figure 7. The prototype of an interactive user-interface for the propose system (functions described with characters A-F in brackets).

6. Conclusions and Future Work

This work presents the design and the development of an intelligent system aimed at solving a practical goal with social purposes of fairness and social equality, by exploiting

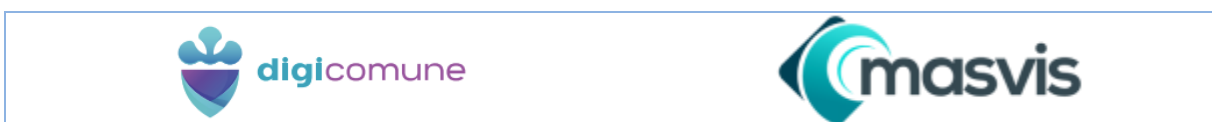




innovative pattern recognition and machine learning techniques. It has been shown how the reuse of a powerful deep learning R-CNN model specialized in object recognition, together with a specific training image dataset constituted by instances of Italian tow-away road signs, performs noticeable experimental results, leading to an improvement of over 90% (from a model with generic training to a model after the specific training with our dataset). Moreover, the two detectors reach probabilistic scores with a mean over 98% while the OCR surpasses the 88% of textual well-recognized extraction.

Although very interesting results have been obtained during this first phase, the improving of the detectors is required, and, in particular, of the OCR one, to reduce the error rates in complex scenarios, also considering the real-time image acquisition (and/or classification) at different speeds while exploiting heterogeneous hardware devices or IoT platforms, like Arduino or an NVIDIA Jetson TX one as seen in [52]. In this way, the dataset expansion and refinement, together with a stage of data augmentation and with alternative acquisition modes ('Google Street View' or surveillance cameras with video analysis), could be very interesting ways to pursue, together with experimentation in Italian locations different from that in which the dataset has been developed, to verify its stability and generality.

Referring to the architecture in Figure 2, there are other modules to develop, from the annotation/visualization tools to the information management and validation ones: Considering that this system will be used by no-IT people, specific user-interfaces and usability studies must be carried out (a piece of the prototype for an interactive user-interface to execute the tutorial (A), the training (B,D,E), the labeling (C), and the charts





tool (F) is in Figure 7). Other specific modules deal with retraining strategies during the lifecycle of the application [53,54].

Finally, from the point of view of the services offered to citizens by a public administration, it would be very interesting for an on-line application that by sending a picture from a simple smartphone permits to pay directly the fee for the renewal of the license without any further annoyance and loss of time and also enhancing the image training dataset.

References

1. Berder, G.O.; Quemerais, P.; Sentieys, O.; Astier, J.; Nguyen, T.D.; Menard, J.; Mestre, G.L.; Roux, Y.L.; Kokar, Y.; Zaharia, G. et al. Cooperative communications between vehicles and intelligent road signs. In Proceedings of the 8th International Conference on ITS Telecommunications, Phuket, Thailand, 24 October 2008; pp. 121–126.
2. Katajasalo, A.; Ikonen, J. Wireless identification of traffic signs using a mobile device. In Proceedings of the Third International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, Sliema, Malta, 11–16 October 2009; pp. 130–134.
3. Nejati, O. Smart recording of traffic violations via m-rfid. In Proceedings of the 7th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Wuhan, China, 23–25 September 2011; pp. 1–4.
4. Guo, R.; Wei, Z.; Li, Y.; Rong, J. Study on encoding technology of urban traffic signs based on demands of facilities management. In Proceedings of the 7th Advanced Forum on Transportation of China (AFTC 2011), Beijing, China, 22 October 2011; pp. 201–207.





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

5. Paul, A.; Jagriti, R.; Bharadwaj, N.; Sameera, S.; Bhat, A.S. An rfid based in-vehicle alert system for road oddities. In Proceedings of the IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems, Trivandrum, India, 22–24 September 2011; pp. 019–024.
6. Paul, A.; Bharadwaj, N.; Bhat, A.; Shroff, S.; Seenanna, V.; Sitharam, T. Design and prototype of an in-vehicle road sign delivery system using rfid. In Proceedings of the International Conference on ITS Telecommunications, Taipei, Taiwan, 5–8 November 2012; pp. 220–225.
7. Qiao, F.; Wang, J.; Wang, X.; Jia, J.; Yu, L. A rfid based e-stop sign and its impacts to vehicle emissions. In Proceedings of the 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, September 2012; pp. 206–211.
8. Li, Q.; Qiao, F.; Wang, X.; Yu, L. 'Drivers' smart advisory system improves driving performance at stop sign intersections. *J. Traffic Transp. Eng.* **2017**, *4*, 262–271.
9. Lauziere, Y.B.; Gingras, D.; Ferrie, F.P. A model-based road sign identification system. In Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001), Kauai, HI, USA, 8–14 December 2001; Volume 1.
10. Gil-Jimenez, P.; Lafuente-Arroyo, S.; Gomez-Moreno, H.; Lopez-Ferreras, F.; Maldonado-Bascon, S. Traffic sign shape classification evaluation. part ii. fft applied to the signature of blobs. In Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Las Vegas, NV, USA, 6-8 June 2005; pp. 607–612.
11. Islam, K.T.; Raj, R.G.; Mujtaba, G. Recognition of traffic sign based on bag-of-words and artificial neural network. *Symmetry* **2017**, *9*, 8.
12. Carrasco, J.P.; de la Escalera, A.E.; Armingol, J.M. Recognition Stage for a Speed Supervisor Based on Road Sign Detection. *Sensors* **2012**, *12*, 12153–12168, doi:10.3390/s120912153.
13. Miyata, S. Automatic Recognition of Speed Limits on Speed-Limit Signs by Using Machine Learning. *J. Imaging* **2017**, *3*, 25, doi:10.3390/jimaging3030025.





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI
RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

14. Bose, N.; Shirvaikar, M.; Pieper, R. A real time automatic sign interpretation system for operator assistance. In Proceedings of the 2006 Proceeding of the Thirty-Eighth Southeastern Symposium on System Theory, Cookeville, TN, USA, 5–7 March 2006; pp. 11–15.
15. Marmo, R.; Lombardi, L. Road bridge sign detection and classification. In Proceedings of the 2006 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Toronto, ON, Canada, 17–20 September 2006; pp. 823–826.
16. Nguwi, Y.Y.; Kouzani, A.Z. A study on automatic recognition of road signs. In Proceedings of the 2006 IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, Bangkok, Thailand, 7–9 June 2006; pp. 1–6.
17. Bui-Minh, W.T.; Ghita, O.; Whelan, P.F.; Hoang, T. A robust algorithm for detection and classification of traffic signs in video data. In Proceedings of the 2012 International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS), Ho Chi Minh City, Vietnam, 26–29 November 2012; pp. 108–113.
18. Bui-Minh, T.; Ghita, O.; Whelan, P.F.; Hoang, T.; Truong, V.Q. Two algorithms for detection of mutually occluding traffic signs. In Proceedings of the International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS), Ho Chi Minh City, Vietnam, 26–29 November 2012; pp. 120–125.
19. Krishnan, A.; Lewis, C.; Day, D. Vision system for identifying road signs using triangulation and bundle adjustment. In Proceedings of the 12th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, St. Louis, MO, USA, 4–7 October 2009; pp. 1–6.
20. Belaroussi, R.; Foucher, P.; Tarel, J.; Soheilian, B.; Charbonnier, P.; Paparoditis, N. Road sign detection in images: A case study. In Proceedings of the 20th International Conference on Pattern Recognition, Istanbul, Turkey, 23–26 August 2010; pp. 484–488.





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

21. Hazelhoff, L.; Creusen, I.; de With, P.H.N. Robust detection, classification and positioning of traffic signs from street-level panoramic images for inventory purposes. In Proceedings of the IEEE Workshop on the Applications of Computer Vision (WACV), Breckenridge, CO, USA, 9–11 January 2012; pp. 313–320.
22. Hazelhoff, L.; Creusen, I.; With, P.H.N.D. Mutation detection system for actualizing traffic sign inventories. In Proceedings of the International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP), Lisbon, Portugal, 5–8 January 2014; Volume 2, pp. 705–713.
23. Perry, O.; Yitzhaky, Y. Automatic understanding of road signs in vehicular active night vision system. In Proceedings of the Int. Conference on Audio, Language and Image Processing, Shanghai, China, 16–18 July 2012; pp. 7–13.
24. Lombardi, L.; Marmo, R.; Toccalini, A. Automatic recognition of road sign passocarrabile. In *Proceedings of the Image Analysis and Processing—ICIAP 2005*; Roli, F., Vitulano, S., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2005; pp. 1059–1067.
25. Russell, M.; Fischhaber, S. OpenCV based road sign recognition on zynq. In Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), Bochum, Germany, 29–31 July 2013; pp. 596–601.
26. Ding, D.; Yoon, J.; Lee, C. Traffic sign detection and identification using surf algorithm and gpgpu. In Proceedings of the International SoC Design Conference (ISOCC), Jeju Island, South Korea, 4–7 November 2012; pp. 506–508.
27. Bay, H.; Ess, A.; Tuytelaars, T.; Van Gool, L. Speeded Up Robust Features (SURF). *Comput. Vis. Image Underst.* **2008**, 110, 346-359.
28. Lin, C.-C.; Wang, M.-S. Road Sign Recognition with Fuzzy Adaptive Pre-Processing Models. *Sensors* **2012**, 12, 6415–6433, doi:10.3390/s120506415.
29. Afridi, M.J.; Manzoor, S.; Rasheed, U.; Ahmed, M.; Faraz, K. Performance evaluation of evolutionary algorithms for road detection. In Proceedings of the 12th Annual





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Conference on Genetic and Evolutionary Computation, ser. GECCO '10, Portland, OR, USA, 7–11 July 2010; pp.1331–1332.

30. Bousnguar, H.; Kamal, I.; Housni, K.; Hadi, M.Y. Detection and recognition of road signs. In Proceedings of the 2nd International Conference on Big Data, Cloud and Applications, ser. BDCA'17, Marrakech, Morocco, 8–9 November 2017; pp. 87:1–87:6.
31. Athrey, K.S.; Kambalur, B.M.; Kumar, K.K. Traffic sign recognition using blob analysis and template matching. In Proceedings of the Sixth International Conference on Computer and Communication Technology 2015, ser. ICCCT '15, Allahabad, India, 25–27 September 2015; pp. 219–222.
32. Adorni, G.; D'Andrea, V.; Destri, G.; Mordonini, M. Shape searching in real world images: A CNN-based approach. In Proceedings of the Fourth IEEE International Workshop on Cellular Neural Networks and their Applications Proceedings (CNNA-96), Seville, Spain, 24–26 June 1996; pp. 213–218.
33. Li, C.; Yang, C. The research on traffic sign recognition based on deep learning. In Proceedings of the 16th International Symposium on Communications and Information Technologies, Qingdao, China, 26–28 September 2016; pp. 156–161.
34. Yang, S. and Wang, M. Identification of road signs using a new ridgelet network. In Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Kobe, Japan, 23–26 May 2005; Volume 4, pp. 3619–3622.
35. Kouzani, A.Z. Road-sign identification using ensemble learning. In Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Istanbul, Turkey, 13–15 June 2007; pp. 438–443.
36. Hoferlin, B.; Zimmermann, K. Towards reliable traffic sign recognition. In Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Xi'an, China, 3–5 June 2009; pp. 324–329.
37. Islam, K.T.; Raj, R.G. Real-Time (Vision-Based) Road Sign Recognition Using an Artificial Neural Network. *Sensors* **2017**, *17*, 853, doi:10.3390/s17040853.



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

38. Schmidhuber, J. Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Netw.* **2015**, *61*, 85–117.
39. Stallkamp, J.; Schlipsing, M.; Salmen, J.; Igel, C. Man vs. computer: Benchmarking machine learning algorithms for traffic sign recognition. *Neural Netw.* **2012**, *32*, 323–332.
40. Huang, Z.; Yu, Y.; Gu, J. A novel method for traffic sign recognition based on extreme learning machine. In *Proceeding of the 11th World Congress on Intelligent Control and Automation*, Shenyang, China, 29 June–4 July 2014; pp. 1451–1456.
41. Filatov, D.M.; Ignatiev, K.V.; Serykh, E.V. Neural network system of traffic signs recognition. In *Proceedings of the XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM)*, St. Petersburg, Russia, 24–26 May 2017; pp. 422–423.
42. Vokhidov, H.; Hong, H.; Kang, J.; Hoang, T.; Park, K. Recognition of damaged arrow-road markings by visible light camera sensor based on convolutional neural network. *Sensors* **2016**, *16*, 12.
43. Fulco, J.; Devkar, A.; Krishnan, A.; Slavin, G.; Morato, C. Empirical evaluation of convolutional neural networks prediction time in classifying German traffic signs. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS 2017)*, Porto, Portugal, 22–24 April 2017; pp. 260–267.
44. Hemadri, V.; Kulkarni, U. Recognition of traffic sign based on support vector machine and creation of the Indian traffic sign recognition benchmark. *Commun. Comput. Inf. Sci.* **2018**, *801*, 227–238.
45. Hemadri, B.V.; Kulkarni, P.U. Detection and recognition of mandatory and cautionary road signals using unique identifiable features. In *Proceedings of the ICWET '11 International Conference & Workshop on Emerging Trends in Technology*, Mumbai, India, February 25–26, 2011, 2011, pp. 1376–1377.





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

46. Zhang, K.; Sheng, Y.; Zhao, D. Automatic detection of road traffic sign in visual measurable image. *Yi Qi Yi Biao Xue Bao/Chin. J. Sci. Instrum.* **2012**, *33*, 2270–2278.
47. Borowsky, A.; Shinar, D.; Parmet, Y. Sign location, sign recognition, and driver expectancies. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* **2008**, *11*, 459–465.
48. Cornia, M.; Baraldi, L.; Serra, G.; Cucchiara, R. Predicting human eye fixations via an lstm-based saliency attentive model. *IEEE Trans. Image Process.* **2018**, *27*, 5142–5154.
49. Abdi, L.; Meddeb, A. Deep learning traffic sign detection, recognition and augmentation. In Proceedings of the Symposium on Applied Computing, ser. SAC '17, Marrakech, Morocco, 3–7 April 2017; pp. 131–136, doi:10.1145/3019612.3019643.
50. Tensorflow.org. Available online: <https://www.tensorflow.org/> (accessed on 14 November 2018).
51. Szegedy, C.; Liu, W.; Jia, Y.; Sermanet, P.; Reed, S.; Anguelov, D.; Erhan, D.; Vanhoucke, V.; Rabinovich, A. Going deeper with convolutions. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Boston, MS, USA, 8–10 June 2015; pp. 1–9.
52. Han, Y.; Oruklu, E. Traffic sign recognition based on the nvidia jetson tx1 embedded system using convolutional neural networks. In Proceedings of the IEEE 60th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), Boston, MA, USA, 6–9 August 2017; pp. 184–187.
53. Impedovo, D.; Pirlo, G. Updating Knowledge in Feedback-Based Multi-classifier Systems. In Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, Beijing, China, 18–21 September 2011; pp. 227–231, doi:10.1109/ICDAR.2011.54.
54. Pirlo, G.; Trullo, C.A.; Impedovo, D. A Feedback-Based Multi-Classifer System. In Proceedings of the 10th International Conference on Document Analysis and





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Recognition, Barcelona, Spain, 26–29 July 2009; pp. 713–717,
doi:10.1109/ICDAR.2009.75.

1.1. 2.2 TowAway – Sistema Intelligente per il monitoraggio dei passi carrabili

Abstract

Il progetto Tow-Away è un progetto innovativo mirato al riconoscimento automatico ed intelligente di segnali stradali noti anche come “passi carrabili”. L’obiettivo di questa ricerca è duplice, in primo luogo vi è quello di riconoscere i segnali di passo carrabile ufficiali mediante tecniche di *Deep Learning* e *Machine Learning*, in secondo luogo quello di fornire ai comuni un’applicazione dedicata, che permetta all’utente acquisire foto/video del passo carrabile e verificarne la validità.

1 Introduzione

In questo contesto il segnale stradale di divieto di sosta (o passo carrabile) è un dispositivo atto a delimitare un’area privata che si affaccia su un’area aperta al pubblico destinata allo stazionamento o allo spostamento dei veicoli. Il suo scopo è quello di impedire a chiunque (compreso il proprietario) di parcheggiare un veicolo nell’area delimitata (stabilita per legge), permettendo lo spostamento continuo nella proprietà privata.

Generalmente, e più specificamente in Italia, un passo carrabile è identificato da un apposito cartello che viene posto al confine tra la proprietà privata e il suolo pubblico; ha dimensioni di 45 × 25 cm (o, quando aumentate, di 60 × 40 cm) ed è composto nella fascia superiore dal proprietario della strada (il nome del comune), al centro dalla scritta “passo carrabile”, insieme a un simbolo di divieto rosso, mentre nella zona inferiore, c’è il codice di autorizzazione e la data di rilascio.

Nella Figura 1, è possibile osservare un esempio di pattern di un oggetto “passo carrabile”, mentre nella Figura 2 è possibile osservare due esempi di “passo carrabile”.



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



Le problematiche principali legate all'utilizzo di questi dispositivi sono connesse al loro uso fraudolento (passi carrabili falsi, contraffatti oppure non conformi, denotabili in Figura 2) e all'assenza di sistemi automatici di verifica della validità. Tale verifica, infatti, viene effettuata manualmente dalle autorità competenti, richiedendo un grosso sforzo per i comuni in termini economici e lavorativi.

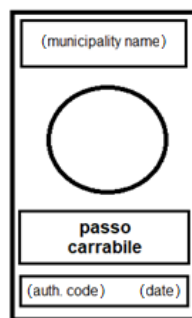


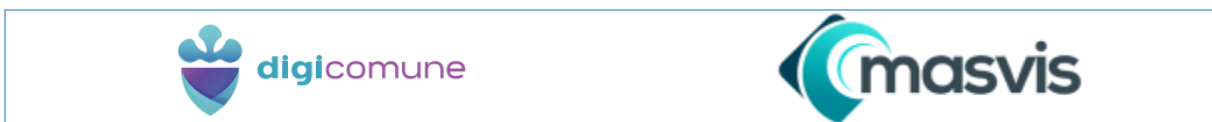
Figura 1: Un esempio di pattern di passo carrabile, composto in alto da una stringa che indica il nome della città, un simbolo tipico seguito da una scritta "passo carrabile" e in basso una stringa relativa all'autorizzazione e alla data.



Figura 2: Due esempi di passo carrabile, il primo a sinistra è un passo carrabile autentico mentre il secondo a destra è un passo carrabile falso o non conforme.

Un'altra problematica è di tipo pratico, ossia ad oggi non sono disponibili dataset di riferimento per ciò che concerne la normativa italiana [Impedovo et al., 2018]. Tale problematica è stata particolarmente motivante ai fini della ideazione e creazione di un dataset specifico utile per l'intera fase di elaborazione del sistema proposto.

La tematica affrontata in questo progetto si colloca nel campo del riconoscimento di cartelli stradali. Tale tematica è stata affrontata per molto tempo nell'ambito del Pattern Recognition e della Computer Vision, con metodologie che partono dallo sviluppo di descrittori visivi fino alla classificazione utilizzando tecniche di Apprendimento





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Automatico e Deep Learning [Lauziere et al., 2001], [Filatov et al., 2017]. Difatti, è possibile riscontrare alcune ricerche a stato dell'arte, di notevole interesse.

Zhu et al., ad esempio, propongono un framework basato su due componenti di deep learning, una Fully Convolutional Network (FCN) per il riconoscimento dei segnali stradali e una Convolutional Neural Network per la classificazione dei segnali rilevati [Zhu et al., 2016]. Altri progetti interessanti come quello di Islam et al., basati su Artificial Neural Network, hanno come obiettivo il riconoscimento di segnali stradali mediante algoritmi Real Time. In questo caso specifico l'input è acquisito da una telecamera posizionato su un veicolo in movimento [Islam et al., 2017].

De-Las-Heras et al., propongono un progetto innovativo nell'ambito dei sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS). Il progetto mira a sviluppare un prototipo in grado di identificare ed estrarre il testo dei segnali stradali luminosi. Molto importante è una funzione del prototipo che permette di trasformare il testo estratto in discorso parlato [De-Las-Heras et al., 2021].

Sulla base dello stato dell'arte analizzato, il progetto di ricerca proposto ha come obiettivo quello di predisporre e studiare delle tecniche che hanno lo scopo di estrarre le informazioni necessarie per la verifica di validità dei passi carrabili. Tali segnali sono estratti da input multimediali quali foto e video, mediante l'ausilio di tecniche di Object Detection basate su Computer Vision e Machine Learning.

2 Progettazione Sistema

L'idea generale di questo sistema è quella di acquisire in input l'immagine o un video di una specifica zona stradale, con il fine, prima di localizzare il passo carrabile e solo dopo averlo identificato, di estrarre da esso la stringa con il numero di autorizzazione, seguito dove presente, dalla data di concessione.

In figura 3 è possibile osservare l'architettura del sistema realizzato.



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com

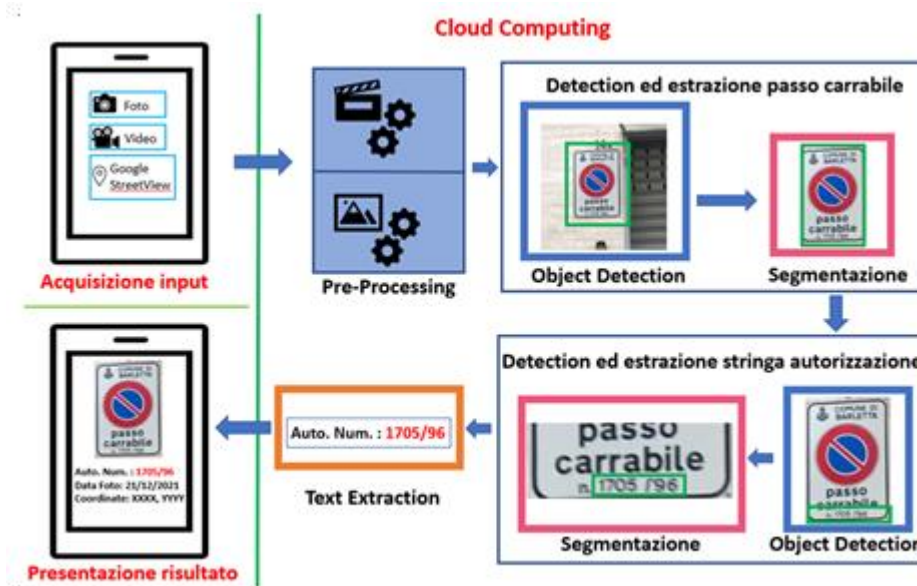


Figura 3: Schema d’interazione tra le componenti del sistema. Nello specifico è denotabile in questa figura il task di acquisizione, il task di elaborazione (suddiviso in Pre-Processing, Detection ed Estrazione del passo carrabile, Detection ed Estrazione della stringa di autorizzazione e Text Extraction) e il task di presentazione del risultato.

Tale architettura può essere divisa in 3 task principali: Acquisizione dell’input, Cloud Computing e Presentazione risultato. Tali task verranno specificati nel dettaglio rispettivamente nelle successive sezioni 2.1, 2.2 e 2.3.

2.1 Acquisizione dell’input

L’utente può acquisire l’input (foto o video) in due modi differenti: *automaticamente* o *manualmente*. Nel primo caso, è richiesto all’utente l’inserimento dell’indirizzo da verificare in una apposita sezione dell’applicazione. Successivamente, mediante una richiesta API a Google Maps e Google StreetView, è possibile recuperare una foto relativa alla specifica zona stradale richiesta.

Nel secondo caso, ossia manualmente, l’utente può acquisire mediante la medesima applicazione una foto o un video del passo carrabile da sottomettere al sistema.

In entrambi i casi sono acquisite automaticamente informazioni aggiuntive circa la geolocalizzazione e la data di acquisizione.

In seguito, l’input acquisito in uno dei due modi sopracitati, è spedito al server cloud per l’elaborazione.

2.2 Cloud Computing





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

L'elaborazione dell'input acquisito rispecchia la schematizzazione di un classico sistema di Pattern Recognition composto da moduli di *Pre-Processing*, *Object Detection*, *Segmentazione* e *Text Extraction*. Tali moduli verranno specificati nel dettaglio rispettivamente nelle successive sezioni 2.1, 2.2 e 2.3. In questa sezione invece verranno analizzate le fasi dell'elaborazione dell'input.

È importante osservare che l'elaborazione avviene in 4 fasi:

- 1 In una prima fase l'input acquisito viene prima pre-processato. Questa fase preliminare è fondamentale, poiché il sistema permette l'acquisizione di input differenti (foto o video). Nel caso in cui l'input sia una foto, a quest'ultima vengono applicati dei filtri per enfatizzare le aree di interesse nell'immagine. Nel caso di input video, mediante un algoritmo di *Simple Online and RealTime Tracking (SORT)* viene estrapolato dal video il frame migliore, per poi essere per-processato come una normale foto [Impedovo et al., 2018].
- 2 La seconda fase coinvolge il modulo di *Object Detection* e il modulo di *Segmentazione*. Il primo ha lo scopo di estrarre le informazioni necessarie per la verifica di validità dei passi carrabili [Pathak et al., 2018], il secondo invece ha come obiettivo estrarre l'area di interesse per il segnale identificato. Alle base del modulo di Object Detection, vi è una *Convolutional Neural Network (CNN)*, addestrata per riconoscere un passo carrabile in una foto (o frame di un video). Successivamente, per mezzo del modulo di Segmentazione, basato anch'esso su un tipo di *CNN*, avviene l'estrazione dell'area di interesse per il segnale identificato precedentemente.
- 3 Nella terza fase, il modulo di Object Detection applicato in precedenza, ma addestrato per riconoscere la stringa di autorizzazione in un passo carrabile, è usato per identificare la stringa nel passo carrabile estratto. Infine, viene estrapolata la stringa di autorizzazione, per mezzo del modulo di Segmentazione precedente, opportunamente addestrato e adattato per questo fine.
- 4 La fase finale è adibita al rilevamento dei caratteri che compongono la stringa di autorizzazione per mezzo del modulo di Text Extraction. Questo modulo si basa su un algoritmo di Optical Character Recognition (OCR), ampiamente utilizzati nel campo del Pattern Recognition [Zhang et al., 2013]. Una volta individuata la stringa di autorizzazione, il modulo è in grado di estrarla. Infine, una volta estratta, viene inviata all'applicazione per essere presentata all'utente.

2.3 Presentazione del risultato

La stringa ottenuta dall'algoritmo di Text Extraction viene mostrata a video mediante la stessa applicazione utilizzata per l'acquisizione delle immagini, con le informazioni aggiuntive relative e alla data di acquisizione e alla posizione geografica in cui è stata acquisita la foto o il video.

3 Discussione

La mancanza di dataset di riferimento adeguati relativi allo scenario normativo italiano, ha implicato in questo progetto la necessità di creare un dataset di immagini reali attinenti alla segnaletica di passo carrabile con il fine di addestrare e testare un modello convoluzionale.

Dal punto di vista dei servizi offerti ai cittadini, il progetto di ricerca descritto è molto innovativo poiché prevede un approccio on-line che, tramite l'invio di una foto inerente al passo carrabile, permette di segnalare direttamente un'infrazione. Allo stesso tempo, questa applicazione è disponibile per le autorità competenti, che possono usarla durante una perlustrazione di una specifica zona stradale.



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Un altro elemento di notevole innovatività per questo progetto riguarda l'elaborazione delle immagini o dei video in ambiente cloud, infatti, l'ausilio di supporti di Cloud Computing, permette in primo luogo, di alleggerire il più possibile il carico computazionale dell'applicazione, e in secondo luogo di velocizzare l'intero processo di estrazione della stringa di validità del passo carrabile.

La ricerca in questo campo tenta di risolvere la problematica urbana di riferimento per incentivare la legalità cittadina.

Riferimenti bibliografici

- [Filatov *et al.*, 2017] Filatov, D.M.; Ignatiev, K.V.; Serykh, E.V. *Neural network system of traffic signs recognition*. In Proceedings of the XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), St. Petersburg, Russia, 24–26 May 2017; pp. 422–423.
- [Fulco *et al.*, 2017] Fulco, J.; Devkar, A.; Krishnan, A.; Slavin, G.; Morato, C. *Empirical evaluation of convolutional neural networks prediction time in classifying German traffic signs*. In Proceedings of the 3rd International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS 2017), Porto, Portugal, 22–24 April 2017; pp. 260–267.
- [Impedovo *et al.*, 2018] Balducci, F., Impedovo, D., & Pirlo, G. (2018). *Detection and validation of tow-away road sign licenses through deep learning methods*. *Sensors*, 18(12), 4147.
- [Lauziere *et al.*, 2001] Lauziere, Y.B.; Gingras, D.; Ferrie, F.P. *A model-based road sign identification system*. In Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001), Kauai, HI, USA, 8–14 December 2001; Volume 1.
- [Pathak *et al.*, 2018] Pathak, A. R., Pandey, M., & Rautaray, S. (2018). *Application of deep learning for object detection*. *Procedia computer science*, 132, 1706-1717.
- [Zhang *et al.*, 2013] Zhang, H., Zhao, K., Song, Y. Z., & Guo, J. (2013). *Text extraction from natural scene image: A survey*. *Neurocomputing*, 122, 310-323.
- [Zhu *et al.*, 2016] Zhu, Y., Zhang, C., Zhou, D., Wang, X., Bai, X., & Liu, W. (2016). *Traffic sign detection and recognition using fully convolutional network guided proposals*. *Neurocomputing*, 214, 758-766.
- [De-Las-Heras *et al.*, 2021] De-Las-Heras, G., Sánchez-Soriano, J., & Puertas, E. (2021). *Advanced driver assistance systems (ADAS) based on machine learning techniques for the detection and transcription of variable message signs on roads*. *Sensors*, 21(17), 5866.
- [Islam *et al.*, 2017] Islam, K. T., & Raj, R. G. (2017). *Real-time (vision-based) road sign recognition using an artificial neural network*. *Sensors*, 17(4), 853.



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

1.2. 2.3 Tow-Away: il sistema informatico di gestione e monitoraggio smart dei passi carrabili

Masvis Sri, PMI innovativa di Conversano, ha concluso con successo il progetto Tow-Away nell'ambito e-Government. Il progetto consente la digitalizzazione di tutti i processi amministrativi inerenti alla gestione dei passi carrabili ed è destinato alle amministrazioni comunali. Il sistema è utilizzabile da diversi attori (polizia locale cittadini e personale comunale) e si configura come strumento di governo elettronico. È dotato di moduli di riconoscimento automatico mediante tecniche di Deep Learning e Machine Learning che consentono un censimento "a basso costo" dei contrassegni di passo carrabile presenti sul territorio. Il progetto è finanziato dalla Regione Puglia nell'ambito della misura denominata "Innolabs" ed è ideato e sviluppato in metodologia Living Labs con la collaborazione dell'Università di Bari e dei comuni di Modugno, Palo del Colle e Bitritto.

1.3. 2.4 Slide divulgative

Oltre alle varie presentazioni già contenute negli altri deliverable e presenti sui canali web, è stata predisposta una presentazione power point come strumento divulgativo per gli stakeholder.



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Nel seguito si riporta la presentazione citata.



Figure 8. Slide 1



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Problema

- +Passi Carrabili falsi
- +Passi Carrabili scaduti (e non rinnovati)

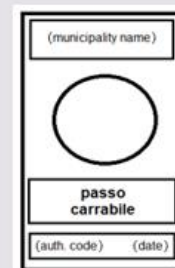


Figure 9. Slide 2





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Soluzione

+ Sistema che tramite foto o video riconosca un passo carrabile e riconosca la sua autenticità e validità.

Figure 10. Slide 3





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Scenario di riferimento

- + **Utilizzo da parte del cittadino:** App che permetta sia di scattare foto che video
- + **Utilizzo da parte del comune:** Sistema integrato su telecamere della polizia o di altri mezzi pubblici



Figure 11. Slide 4





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Approccio - Foto

- + Detection del passo carrabile all'interno della foto
- + Detection del codice di autorizzazione (presente nel passo carrabile)
- + Estrazione (tramite OCR) del codice di autorizzazione

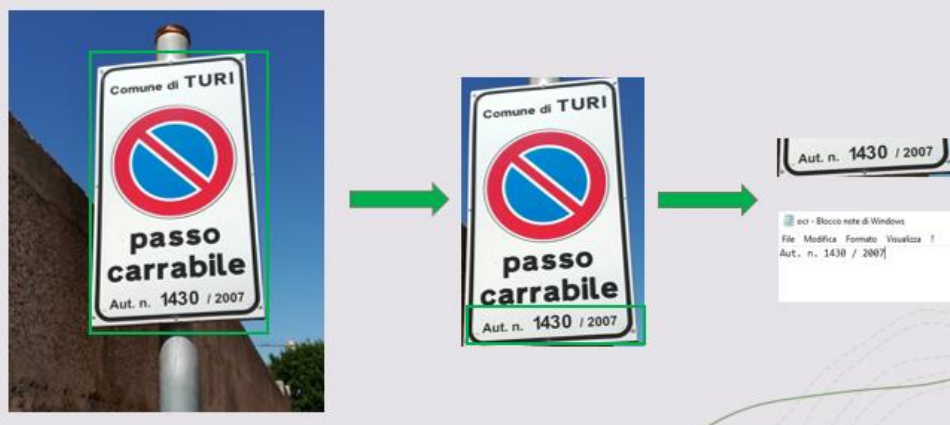


Figure 12. Slide 5





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Approccio - Video

- +Detection del passo carrabile all'interno di un frame
- +Raggruppamento dei frame di uno stesso passo carrabile
- +Scelta del miglior frame
- +Detection del codice di autorizzazione (presente nel passo carrabile)
- +Estrazione (tramite OCR) del codice di autorizzazione

Figure 13. Slide 6





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Detection del passo carrabile all'interno di un frame



Figure 14. Slide 7



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Raggruppamento dei frame di uno stesso passo carrabile e scelta del migliore

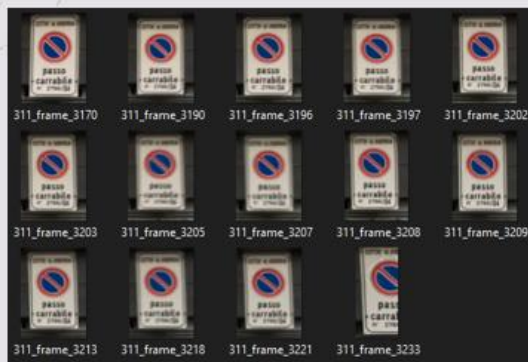


Figure 15. Slide 8





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Detection ed estrazione del codice di autorizzazione

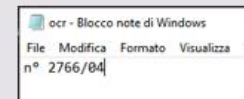
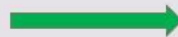


Figure 16. Slide 9





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Tecniche utilizzate

- + **YOLOv3 + ResNet50** per l'individuazione del passo carrabile in video
- + **SORT + Canny Edge Detector** per il tracking del passo carrabile nel video e scelta del miglior frame
- + **Faster R-CNN** per l'individuazione del passo carrabile in foto
- + **Faster R-CNN + Tesseract OCR** per l'individuazione ed estrazione del numero di autorizzazione

Figure 17. Slide 10





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Prototipi



Prototipo Windows

- Funzionalità foto
- Funzionalità video



Prototipo Android

- Funzionalità foto*
- Funzionalità video*

* Acquisizione GPS

Figure 18. Slide 11





UNIONE EUROPEA

Ministero dello Sviluppo Economico

Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico, Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti

INNO LABS

POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Prototipo Windows Foto




SISTEMA DI RICONOSCIMENTO AUTOMATICO DI PASSI CARRABILI

Scegliere la tipologia di file da elaborare:

*al termine dell'esecuzione i risultati sono visibili nel file dati.csv

Percorso	ACC Detect	AC Detect	ACC String	Stringa superiore	Aut
C:/Users/i	99	99	91	i, COMUNE di CASAMASSIMA	n.347/97
C:/Users/i	99	99	91	"ay oo Comune di (*) cannicweie ai part.	Aut. n. 074 /2005 C2 i
C:/Users/i	99	99	91	i, COMUNE di CASAMASSIMA	n.347/97
imageToS	99	99	96	Comune di pa () samMICHELE di BARI	Aut. n. 094/2005 A
imageToS	99	99	99	—hU— Fht—™ Comune di sly () samMICHELE di BARI	Aut. n. 094/2005
imageToS	99	99	99	Comune di oor Sets = &) SAMMICHELE di sant	Aut. n. 094/2005
C:/Users/i	99	99	91	oo Comune di > *) cannicweie ai Bart.	Aut. n. 074

Figure 19. Slide 12





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Prototipo Windows Video



	A	B	C	D
	289,3			
	311,2766/04			
	360,2810/04			

Figure 20. Slide 13



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro



Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Prototipo Android



Figure 21. Slide 14





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Risultati video

Tecnica	Precision	Recall	F1-Score	Loss Error
YOLOv3	59%	78%	67,05%	0,0075

Tecnica	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy
ResNet50	84,2%	95,5%	68,6%	97,1%

Figure 22. Slide 15





UNIONE EUROPEA



Ministero dello Sviluppo Economico



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2

Risultati foto

Tecnica	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy
Faster R-CNN passo carrabile	97,8%	98,4%	98,1%	96,5%
Faster R-CNN n. autorizzazione	99,2%	97,7%	98,4%	96,9%

Tecnica	Probabilistic Score OCR Extractor
Tesseract	88,5%

Figure 23. Slide 16





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

Conclusioni e Criticità

- + Il sistema foto ha tassi di riconoscimento del passo carrabile oltre il 95% e tassi di corretta estrazione del testo vicini al 90%
- + Il sistema video ha tassi di riconoscimento del passo carrabile decisamente più bassi
- + Il sistema presenta problemi in condizioni non favorevoli quali ad esempio troppa luminosità o troppa poca, accompagnata anche da distanza eccessiva.
- + Questi problemi sono più evidenti nel video, dove si aggiunge il problema di frame molto mossi e sfocati

Figure 24. Slide 17





**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI
RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

3. Sede di sottomissione

L'articolo "Detection and Validation of Tow-Away Road Sign Licenses through Deep Learning Methods", così come riportato nelle precedenti sezioni, è stato pubblicato sulla rivista scientifica Sensors. Sensors (ISSN 1424-8220; CODEN: SENSC9) è la principale rivista internazionale, peer-reviewed, ad accesso aperto sulla scienza e la tecnologia dei sensori. Sensors è pubblicato semestralmente online da MDPI. Si sottolinea la modalità di pubblicazione OPEN ACCESS che consente a tutti di accedere liberamente ai contenuti.

Balducci, F.; Impedovo, D.; Pirlo, G. Detection and Validation of Tow-Away Road Sign Licenses through Deep Learning Methods. Sensors 2018, 18, 4147.
<https://doi.org/10.3390/s18124147>

Nel documento è stato chiaramente indicato che il lavoro è all'interno del Progetto Innolabs. Regione Puglia POR Puglia FESR—FSE 2014–2020. Fondo Europeo Sviluppo Regionale. Azione 1.4—Avviso pubblico "Innolabs".

L'abstract paper "TowAway – Sistema Intelligente per il monitoraggio dei passi carrabili", così come riportato nelle precedenti sezioni, è stato accettato in data 27/01/2022 nella



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



*POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS
SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,
Codice pratica: 42JRML2*

rivista Ital-IA, Ital-IA è il secondo Convegno Nazionale CINI sull'Intelligenza Artificiale, organizzato per sviluppare obiettivi comuni tra istituzioni pubbliche, industria italiana e la ricerca scientifica delle università e dei centri di ricerca nazionali.

Il convegno è organizzato dal Laboratorio Nazionale "Artificial Intelligence ed Intelligent Systems" (AIIS), creato dal CINI (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica). Il Laboratorio è stato creato nello scorso Giugno 2018 con il sostegno del Dipartimento di Informazione e Sicurezza della Presidenza del Consiglio dei Ministri per sviluppare obiettivi comuni tra istituzioni pubbliche, industria italiana e la ricerca scientifica delle università e dei centri di ricerca nazionali.

L'articolo di giornale "Tow-Away: il sistema informatico di gestione e monitoraggio smart dei passi carrabili", così come riportato nelle precedenti sezioni è stato pubblicato nel giornale nazionale "IlSole24Ore" in versione cartacea. Il Sole 24 Ore è un quotidiano economico-politico-finanziario italiano con sede a Milano e Roma, il più diffuso nel proprio settore e il quinto in assoluto nel Paese. I principali temi trattati dal giornale sono l'economia, la politica, le novità dei settori normativi e tributari specie in campo economico, l'andamento dei mercati finanziari e le rubriche degli esperti.



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com



**UNIONE
EUROPEA**



**Ministero dello
Sviluppo Economico**



Regione Puglia
Dipartimento Sviluppo Economico,
Innovazione, Istruzione, Formazione e
Lavoro

**PUGLIA
FESR-FSE
2014/2020**
Il futuro alla portata di tutti



POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione – Azione 1.4, Sub-Azione 1.4.b - BANDO INNOLABS

SOSTEGNO ALLA CREAZIONE DI SOLUZIONI INNOVATIVE FINALIZZATE A SPECIFICI PROBLEMI DI RILEVANZA SOCIALE,

Codice pratica: 42JRML2

Tow-Away: il sistema informatico di gestione e monitoraggio smart dei passi carrabili

Masvis Srl, PMI innovativa di Conversano, ha concluso con successo il progetto **Tow-Away** nell'ambito *e-Government*. Il progetto consente la digitalizzazione di tutti i processi amministrativi inerenti alla gestione dei passi carrabili ed è destinato alle amministrazioni comunali. Il sistema è utilizzabile da diversi attori (polizia locale, cittadini e personale comunale) e si configura come strumento di governo elettronico. È dotato di moduli di riconoscimento automatico mediante tecniche di *Deep Learning* e *Machine Learning* che consentono un censimento "a basso costo" dei contrassegni di passo carrabile presenti sul territorio. Il progetto è finanziato dalla Regione Puglia nell'ambito della misura denominata "Innolabs" ed è ideato e sviluppato in metodologia *Living Labs* con la collaborazione dell'Università di Bari e dei comuni di Modugno, Palo del Colle e Bitritto.
www.masvis.com



Il Sole 24 Ore Giovedì 27 Gennaio 2022 – N.26



MASVIS SRL, Via Dalla Chiesa, 27 - 70014 Conversano (BA), P.IVA/C.F.: 07639400725
Tel. 080 4954657, Cell. 3203148544, E-mail: info@masvis.com Sito www.masvis.com