

УДК 004.032.26

Євдокимов С. О.¹, Таранущенко В. П.²¹Херсонський державний університет, Херсон, Україна²Автошкола «Світлофор», Херсон, Україна¹ORCID 0000-0001-7213-0259

**РОЗРОБКА СУЧАСНОЇ МОДЕЛІ
ЗАПОБІГАННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД
ЗА ДОПОМОГОЮ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

DOI 10.14308/ite000769

У статті досліджено можливості штучних нейронних мереж для уникнення водієм автотранспорту дорожньо-транспортних пригод. Тестування проведено в населеному пункті. Забезпечення безпеки дорожнього руху (далі – БДР) є складником національних завдань із забезпечення особистої безпеки, вирішення проблем демографічних, соціальних та економічних, а також підвищення якості життя та сприяння розвитку міст і сіл.

Виходячи з узагальненого аналізу чинних державних програм з уникнення випадків ДТП, можна зазначити, що перспектива створення нових методів узгоджена з пріоритетними завданнями та програмами соціально-економічного розвитку України у довгостроковій перспективі та знаходиться у сфері забезпечення світової БДР. Проаналізувавши аналогічні програмні продукти, з'ясовано, що кількість зарубіжних та українських компаній, які займаються розробкою з різною архітектурою комунікаційної мережі для автомобільного транспорту, постійно зростає.

У роботі рекомендовано використання системного комплексу заходів, зумовленого комплексним програмним підходом, а грамотний аналіз одержаних результатів показує вироблення стандартів та показників ефективності для застосування в галузі забезпечення безпеки дорожнього руху. Застосування сучасних технологій для учасників дорожнього руху на підтримку безпеки на дорогах, організація підготовки водіїв на рівні та міжнародний обмін досвідом відіграють важливу роль для подолання цих проблем.

Застосування вказаного у дослідженні методу побудови загорткової нейронної мережі для запобігання випадків ДТП може застосовуватись у діяльності як державних структур, таких як Державна спеціальна служба транспорту, Патрульна поліція України, підрозділи ГУНП України та інші центральні органи державної виконавчої влади, підприємства, їх об'єднання, установи й організації.

Ключові слова: *аналіз даних, згорткова нейронна мережа, безпека дорожнього руху, параметри дороги, запобігання ДТП, Python*

Вступ

Непередбачувані дорожні умови вимагають від водіїв максимальної концентрації, керуючись правилами дорожнього руху (далі – ПДР). Сучасні технологічні компанії розробляють актуальні технології, що дозволятимуть вживати превентивні заходи для запобігання дорожньо-транспортних пригод (далі – ДТП). З огляду на зростаючу кількість публікацій від організацій, які на професійному рівні займаються запобіганням ДТП та аварійних ситуацій, вирішенню цього завдання приділяють велике значення. Забезпечення безпеки дорожнього руху (далі – БДР) є складником національних завдань із забезпечення особистої безпеки громадян, а також вирішення демографічних, соціальних та економічних



Євдокимов С., Таранущенко В.

проблем. Зокрема, БДР сприятиме підвищенню якості життя та розвитку міст і сіл, тому для фахівців різного профілю актуальною є підготовка цього питання. Варто зазначити, що проблема виявлення факторів імовірної небезпеки ДТП є одним із найскладніших завдань у сфері інформаційних технологій через велику різноманітність викривлень, таких як різний вираз навколишнього середовища, умови зйомки тощо.

Метою є розробка концепції згорткової нейронної мережі в системі управління та оцінки впливу різних особливостей дороги на кількість порушень, пошуку критеріїв для визначення місць із найбільшою кількістю порушень, виділення даних критеріїв з урахуванням коефіцієнтів впливу на кількість порушень та впровадження найбільш оптимальних алгоритмів роботи системи.

Виклад основного матеріалу

У міру того, як розвивається транспортна інфраструктура, зростає необхідність у безпеці на дорозі. Для учасників дорожнього руху існує безліч труднощів, які складаються з багатьох непередбачуваних завдань, що є складним процесом для водіїв транспортних засобів. Щоб полегшити ці завдання, керівники організацій звертаються за допомогою до фахівців, які працюють у сфері комп'ютерних технологій для створення сучасних методів виявлення та запобігання ДТП.

Зокрема, виявлення образів і факторів імовірної небезпеки ДТП є одним із найскладніших завдань у сфері інформаційних технологій. Для вирішення цього завдання ефективно використовувати нейронні мережі у зв'язку з тим, що вони слабко чутливі і мають високу швидкість розпізнавання. Задачі розпізнавання образів включають до широкого спектру завдань штучного інтелекту (далі – AI).

Традиційні алгоритми виявлення транспортних засобів, такі як змішана модель Гаусса, досягли перспективних результатів. Але вони не ідеальні через зміни освітленості, перешкоди на задньому плані, оклюзії тощо. Для прискорення аналізу наявної великої кількості даних, систематизованих за певними критеріями, потрібно побудувати складну модель нейронної мережі, яка буде оцінювати за відносною частотою виникнення відповідних ДТП статистичну ймовірність таких подій.

Дослідивши завдання вибору кінцевих вхідних параметрів моделі з погляду вирішення задачі з визначення потенційно ефективного місця розташування комплексу автоматичної фото-, відеофіксації порушень, було виявлено, що комплекси фіксації працюють постійно та не вимикаються залежно від часу доби або погодних умов, а самі погодні явища мають більш імовірнісний характер та не можуть бути задані як вхідний параметр для прогнозування у межах «Віддаленість від (до) населеного пункту», «Додаткові швидкісні обмеження», «Обмеження або заборона руху на окремих ділянках» тощо. Для вирішення цього завдання ефективно використовувати згорткові нейронні мережі у зв'язку з тим, що вони мають високу швидкість розпізнавання образів. Згорткову нейронну мережу завдяки своїй архітектурі можна об'єднати в дуже глибоку модель, для якої вона виявилася досить ефективною. ConvNet здатна запам'ятовувати отримані вхідні дані, що дозволяє дуже точно передбачати, що буде далі. Оскільки вона не має обмеженого інтерфейсу та фіксованої кількості обчислювальних кроків, зараз вона потужніша, ніж інші різновиди.

У межах роботи проведено дослідження впливу різних факторів на кількість адміністративних та кримінальних правопорушень у сфері дорожнього руху. Проаналізовано статистичні дані правопорушень і дорожньо-транспортних пригод у деяких державах Європейського союзу [1, с. 242]. Відповідно до цього виділено такі фактори:

- стан дорожньої обстановки та інтенсивність руху;
- характеристики видимості дороги (ухили, повороти);
- дорожні умови (наявність розмітки, ширина та кількість смуг);
- погодні умови, час доби та сезонність;

- призначення дороги та відстань від (до) населеного пункту;
- оцінка видимості у напрямку руху та межі елементів;
- правила дорожнього руху;
- швидкісні обмеження на цій ділянці тощо.

Для розроблення цього проекту необхідно дотримуватися структури згорткової нейронної мережі для системи автоматизації. Ця архітектура (Рис. 1) представляє послідовність шарів згортки [2, с. 2], які спершу зменшують просторову роздільну здатність картини, а потім збільшують її, попередньо об'єднавши з даними і пропустивши через інші шари згортки.

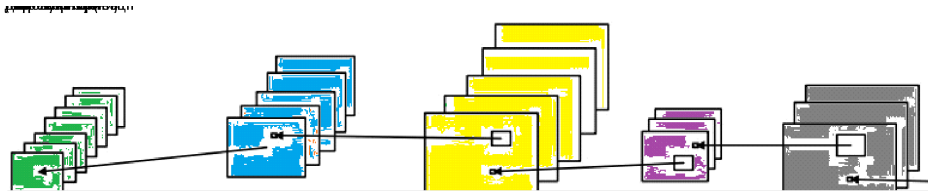


Рис. 1 – Архітектура ЗНМ для визначення знаків дорожнього руху

Для реалізації модуля використано фреймворк Tensorflow мови програмування Python. Більша частина розвитку Python протягом останніх кількох років була зосереджена на нових його функціях, пов'язаних із функціональними можливостями [3, с. 5]. Модель була навчена на наборі зображень знаків дорожнього руху, що включають різні погодні ефекти, також різний ступінь розмитості зображення. Для оцінки ступеня навченості моделі використовується значення точності ШНМ. Ця величина є зворотною до помилки нейронної мережі. Отже, при оцінці необхідно стежити за мінімізацією помилки, що означитиме максимальну точність її роботи.

Слід зазначити два традиційних напрямки: практика використання (коли і де) та практика процесу (хто та як...) [4]. Для перевірки працездатності методу було здійснено моделювання ситуації обгону на двополосній дорозі, де обгін проводиться з виїздом на смугу зустрічного руху. При моделюванні з використанням нейромережі *TensorFlow* використовувалися два шари *tf.keras.layers.Dense*. Приклад застосування за допомогою програмного коду мовою Python:

```
...
X = B. shape [0]
Y = B. shape [1]
Model = keras.Sequential ([
    keras.layers.Flatten (input_shape=(X, Y)),
    keras.layers.Dense(128, activation=tf.nn.relu),
    keras.layers.Dense(2, activation=tf.nn.softmax)
])
...
Model.compile (optimize=tf.train.AdamOptimizer(),
                loss='sparse_categorical_crossentropy',
                metrics=['accuracy'])
...
```

На етапі навчання для оптимізації нашої мережі використовують стохастичний градієнтний спуск. Параметри ініціалізуються для всіх доданих шарів, витягуючи ваги з нульовим середнім значенням і стандартним відхиленням 0,01. Встановлена швидкість навчання 0,001 для перших 50 тис. ітерацій.

Щоб вирішити проблеми співвідношення сторін для загального виявлення об'єктів, використовується кластеризація набору даних замість ручного вибору пропорцій. Центроїди

кластера суттєво відрізняються від обраних вручну анкерних блоків. Вони підходять для швидкого виявлення транспортних засобів.

Навчання проводилося на 5 етапах (Рис. 2). В інших випадках, модель може бути еквівалентною появою або зникненню у середині симуляції транспортних засобів [5].

```
Epoch 1/5
12000/12000 [=====] - 1s 74us/step - loss: 0.1554 - acc: 0.9353

Epoch 2/5
12000/12000 [=====] - 0s 30us/step - loss: 0.1103 - acc: 0.9544

Epoch 3/5
12000/12000 [=====] - 0s 30us/step - loss: 0.1076 - acc: 0.9545

Epoch 4/5
12000/12000 [=====] - 0s 31us/step - loss: 0.1052 - acc: 0.9552

Epoch 5/5
12000/12000 [=====] - 0s 30us/step - loss: 0.1036 - acc: 0.9550

Out[4]: test_loss, test_acc = model.evalute(test_images, test_labels)
print('Test accuracy: ', test_acc)

4800/4800 [=====] = 0s 16us/step
Test accuracy: 0.95979266666667
```

Рис. 2 – Результат моделювання з виявлення аварійно-небезпечної ситуації на мові Python

Екстрапроксимальний метод виконується з додатковим регуляризуючим, що дозволяє покращити збіжність однієї з точок рівноваги [6]. Точність розпізнавання аварійної ситуації при обгоні складала приблизно 0,93. Оцінка швидкодії розв'язання задачі, що була представлена у роботі, не проводилася, оскільки на цьому етапі така оцінка є тимчасовою. Тому використання згортової нейронної мережі для обробки інформації про дорожню обстановку дозволяє виявляти ДТП, а інтеграція такого алгоритму в системах керування автомобілем може запобігати аваріям на дорозі. Отже, проведено проектне моделювання та реалізовано модуль визначення дорожніх знаків, який може бути інтегрований у системи управління транспортним засобом. Це дозволяє виявити основні причини та умови виникнення аварій, що дозволить визначити заходи, які необхідно вжити для мінімізації числа таких дорожніх подій.

Ефективність використання даних засобів при забезпеченні БДР зумовлена передусім їх функціональним ресурсом: сучасні обчислювальні ресурси дозволяють вести статистику, підрахунок та класифікацію великих даних, наприклад детекцію ДТП, розпізнавати марки, моделі та кольори ТЗ, розпізнавати обличчя, вести технічний моніторинг, затор, перевищення кількості об'єктів заданого типу в зоні тощо. Аналіз практичного досвіду застосування штучних нейронних мереж забезпечення безпеки дорожнього руху дозволяє розглядати їх як один із найбільш ефективних факторів, що забезпечують мінімізацію вчинення правопорушень у сфері дорожнього руху. Зокрема, вони дозволяють забезпечувати цілодобовий контроль транспортних потоків на автомобільних дорогах та перетинах будь-якого ступеня складності, здійснювати з достатнім ступенем достовірності одночасну фіксацію кількох ДТП, що супроводжується безперервним відеозаписом та розпізнаванням механізмів. Такі функціональні можливості дозволяють у 10 разів підвищити ефективність нагляду за дотриманням ПДР, а також істотно зменшити кількість скоєних правопорушень. Отже, застосування розробленої моделі згортової мережі дозволяє істотно вдосконалити наявні механізми БДР та знизити кількість правопорушень, що виникають у сфері дорожнього руху.

Накопичення статистики про час зупинки автомобілів дозволяє системі виявити транспорт, який перебуває без руху нетипово довго. При цьому алгоритм динамічно

перераховує час, наприклад, у разі виникнення дорожнього затора, «бачить» ці поведінкові патерни та дає сигнал.

Сучасні умови соціального розвитку вимагають постійного вдосконалення методів оперативного запобігання правопорушенням. Ключовим напрямом розв'язання цієї задачі є використання різних технічних засобів на основі нейронних мереж. Особливої уваги вони набувають у контексті здійснення контролю за БДР. Ця обставина зумовлена насамперед значним збільшенням кількості транспортних засобів та інших учасників дорожнього руху, що підвищує необхідність забезпечення їх особистої безпеки. Це справді відбувається та становить вигідні умови з погляду безпеки, спираючись на дорожню обстановку. До прикладу, якщо покриття дороги мокре або крижане, тоді відбудеться значно раніше гальмівне втручання, ніж за умов сухої дороги [7]. Така попереджувальна функція є специфічною для кожного конкретного випадку, тому це – ще один крок на шляху концепції водіння без ДТП, але також і вимога у майбутньому для автономного (автоматичного) водіння. У будь-яких дорожніх умовах для водія вибір транспорту та оптимальної стратегії водіння, а також такі чинники, як точний маршрут попереду й величина вільного зчеплення з дорогою, відіграють ключову роль.

Висновки

На підсумок необхідно зазначити, що ні апаратні, ні програмні, та інші рішення не можуть забезпечити на 100% надійність та безперебійність обміну даних у нейронних мережах [8]. Утім звести ризики втрат до мінімуму можливо, але лише при комплексному підході. Проведене дослідження показує перспективу для подальшого розвитку і відкриває нові можливості для створення швидкодіючих, компактних, енергонезалежних систем на базі AI. У подальшому, на основі цієї теми, у межах досліджень щодо розширення, удосконалення навчання нейронної мережі, є перспективним створення власного програмного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Akhmadieva, R. Sh., Rifkat, N. Minnikhanov (2015). Regional Practice of Developing Road Safety Behavior Competency in Future Specialists. *Journal of Sustainable Development*, 8, 3. DOI : 10.5539/jsd.v8n3p242.
2. Dai, J., Li, Y., He, K., Sun, J. R-FCN: Object detection via region-based fully convolutional networks. *Proc. 30 th Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2016)*, 379–387
3. David, M. Beazle, Brian, K. Jones (2013). Python Cookbook: Recipes for Mastering Python 3 (O'Reilly Media).
4. Cremer, M., Ludwig, J. (1986). A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations. *Mathematics and Computers in Simulation*, 28, 4, 297–303. doi: 10.1016/0378-4754(86)90051-0
5. Alvarez, I., Poznyak, A., Malo, A. (2007). Urban traffic control problem via a game theory application. *Proc. 46th IEEE Conference on Decision and Control (CDC 2007)*, 2957–2961. doi: 10.1109/CDC.2007.4434820
6. Halle, S., Chaib-draa, B. (2005). A collaborative driving system based on multiagent modelling and simulations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 13, 4, 320–345. doi: 10.1016/j.trc.2005.07.004
7. Євдокимов, С. О. (2018). Згорткові нейронні мережі для розпізнавання образів. *Інформаційні технології в моделюванні: Матеріали III-ої всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (22-23 березня 2018 р., м. Миколаїв)*. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського.
8. Руденко, О. Г., Бодяньський, Є. В. (2006). Штучні нейронні мережі: Навч. посібник. Харків: ТОВ “Компанія СМІТ”.

REFERENCES

1. Akhmadieva, R. Sh., Rifkat, N. Minnikhanov (2015). Regional Practice of Developing Road Safety Behavior Competency in Future Specialists. *Journal of Sustainable Development*, 8, 3. DOI : 10.5539/jsd.v8n3p242.
2. Dai, J., Li, Y., He, K., Sun, J. R-FCN: Object detection via region-based fully convolutional networks. *Proc. 30 th Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2016)*, 379–387
3. David, M. Beazle, Brian K. Jones (2013). *Python Cookbook: Recipes for Mastering Python 3* (O'Reilly Media).
4. Cremer, M., Ludwig, J. (1986). A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations. *Mathematics and Computers in Simulation*, 28, 4, 297–303. doi: 10.1016/0378-4754(86)90051-0
5. Alvarez, I., Poznyak, A., Malo, A. (2007). Urban traffic control problem via a game theory application. *Proc. 46th IEEE Conference on Decision and Control (CDC 2007)*, 2957–2961. doi: 10.1109/CDC.2007.4434820
6. Halle, S., Chaib-draa, B. (2005). A collaborative driving system based on multiagent modelling and simulations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 13, 4, 320–345. doi: 10.1016/j.trc.2005.07.004
7. Yevdokymov, S. O. (2018). Zghortkovi neironni merezhi dlia rozpoznavannia obraziv [Convolutional neural networks for pattern recognition]. *Informatsiini tekhnologii v modeliuvanni: Materialy III-oi vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh (22-23 bereznia 2018 r., m. Mykolaiv)*. Mykolaiv: MNU imeni V. O. Sukhomlynskoho.
8. Rudenko, O. H., Bodianskiy, Ye. V. (2006). *Shtuchni neironni merezhi* [Artificial neural networks]: Navch. posibnyk. Kharkiv: TOV “Kompaniia SMIT”.

Serhii Yevdokymov¹, Volodymyr Taranushchenko²

¹**Kherson State University, Kherson, Ukraine**

²**“Svitlofor” Driving School, Kherson, Ukraine**

DEVELOPMENT OF A MODERN MODEL FOR PREVENTING ROAD ACCIDENTS USING A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

The article examines the possibilities of artificial neural networks for avoiding traffic accidents by motor vehicle drivers. The testing was carried out in the settlement. Ensuring road traffic safety (hereinafter–BDR) is a component of national tasks for ensuring personal safety, solving demographic, social and economic problems, as well as improving the quality of life and promoting the development of cities and villages.

Based on a generalized analysis of existing state programs to avoid road accidents, it can be noted that the prospect of creating new methods is consistent with the priorities and programs of Ukraine's socio-economic development in the long term and is in the field of global road safety. After analyzing similar software products, it was found that the number of foreign and Ukrainian companies engaged in the development of communication networks for road transport with different architectures is constantly growing.

The paper recommends the use of a systematic set of measures due to an integrated software approach, and a competent analysis of the results obtained shows the development of standards and performance indicators for use in the field of road safety. The use of modern technologies for road users to support road safety, the organization of driver training at the level and the international exchange of experience play an important role in overcoming these problems.

The application of the method of building a convolutional neural network to prevent road accidents described in the study can be used in the activities of both government agencies, such as the State Special Transport Service, the Patrol Police of Ukraine, units of the National Police of Ukraine

and other central bodies of state executive power, enterprises, their associations, institutions and organizations.

Keywords: data analysis, convolutional neural network, road safety, road parameters, road accident prevention, Python

Стаття надійшла до редакції 22.03.2023

The article was received 22 March 2023