УДК 004.421
DOI 10.33514/1694-7851-2020-2-107-115
[1]Кокумбаев Ш. Б., [2]Бактыбеков М. Б., Султанов Р. К.
[1,2]"МАНАС" КТУнун компьютердик инженерия бөлүмүнүн магистранттары,
ф.-м.и.к. "МАНАС" КТУнун компьютердик инженерия кафедрасы доценти

ТЕГИЗДИКТЕ ЖӨНӨКӨЙ ГЕОМЕТРИЯЛЫК ФИГУРАЛАРДЫ ТААНУНУ МАШИНАГА ҮЙРӨТҮҮДӨ ИНВАРИАНТТАРДЫ КОЛДОНУУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНВАРИАНТОВ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЕ ПРОСТЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР НА ПЛОСКОСТИ

USING INVARIANTS IN MACHINE LEARNING TO RECOGNIZE SIMPLE GEOMETRIC SHAPES ON A PLANE

Аннотация: Бул макалада эң белгилүү болгон машина үйрөтүү классификаторлорунун салыштырма талдоосу келтирилген: конволюциялык нейрон тармактары (CNN); таяныч вектордук машина (SVM); k-жакынкы кошуналар ыкмасы (k-NN). Негизги маалымат бериліштери катары тегиздикте жайгашкан геометриялык фигуралардын (үч бурчтук, төрт бурчтук, тегерек жана жылдызча) сүрөттөрүнүн векторлору алынган. Сүрөттөрдү векторлорго өткөрүү [17] макаласына таянып алынган. Айтылган классификаторлорду үйрөтүү жана таануу талдоосу жүргүзүлгөн жана берилген маалыматтарды түздөн түз машинеге үйрөтүү жана векторлорго өткөрүп үйрөтүү ролу изилденген.

Түйүндү сөздөр: машина үйрөтүү; вектор; классификаторлор; конволюциялык нейрон тармактары; таяныч вектордук машина; k-жакынкы кошуналар ыкмасы

Аннотация: В данной статье проводится сравнительный анализ наиболее известных классификаторов машинного обучения: сверточных нейронных сетей (CNN); метода опорных векторов (SVM); метода k-ближайших соседей (k-NN). Основными входными данными были взяты векторы геометрических фигур(треугольник, четырехугольник, окружность и звезда) на плоскости. Преобразование изображения в вектор было произведено согласно статье[17]. Проведен сравнительный анализ обучения и распознавания упомянутых классификаторов, а также роль преобразования в вектор входных данных в качество обучения.

Ключевые слова: машинное обучение; вектор; классификаторы; свёрточные нейронные сети; метод опорных векторов; метод k-ближайших соседей

Annotation: This article provides a comparative analysis of the most famous classifiers of machine learning: convolutional neural networks (CNN); support vector machine (SVM); k-nearest neighbors (k-NN) method. The main input data were vectors of geometric shapes (triangle, quadrilateral, circle and star) on a plane. The transformation of the image into a vector was carried out according to article [17]. A comparative analysis of training and recognition of the mentioned classifiers, as well as the role of transformation into a vector of input data in the quality of training, is carried out.

Key words: machine learning; vector; classifiers; convolutional neural networks; support vector machine; k-nearest neighbors

Киришүү: Маалымат алмашуу ылдамдыгынын жана эсептөө кубаттуулугунун өсүүсү, чоң берилиштер базасына жеткиликтүүлүгүнүн пайда болуусу менен компьютер көзү менен объектилерди таабуу жана таануу алгоритмдери заманыбыздын так илимдеринин абдан тез өнүгүп келе жаткан багыты болуп эсептелет. Компьютердик көз багытынын өнүгүү ийгиликтери макро дүйнөдөн баштап космос объектилери сфераларына чейин актуалдуу болуп келе жатат. Мисалы: пилотсуз учактарда [1]; машинелерди жана башка транспортторду табууда [2]; адамдарды жана алардын жесттерин таанууда [3]; автотранспорттук номерлерин таанууда [4].

Бул макалада эң популардуу машине үйрөтүү классификаторлорунун салыштырмалуу талдоосу жүргүзүлгөн: конволюциялык нейрон тармактары (Convolutional Neural Network - CNN); таяныч векторлор ыкмасы (Support Vector Machine - SVM); k-жакынкы кошуна ыкмасы (K-Nearest Neighbor classifier - k-NN). Талдоону тунук жүргүзүү үчүн бардык классификаторлор бирдей берилиш жыйынына ээ болот. Берилген берилиш жыйыны өз ичинде төрт башка геометрикалык фигурадан (үч бурчтук, төрт бурчтук, айлана жана жылдызча) турат.

Жогорууда айтылган машине үйрөтүү классификаторлору компьютердик көзү менен объектилерди таабуу жана таануу маселерин чечүү үчүн берилген сүрөттөрдү алдын ала иштетип, ар бир сүрөт үчүн векторлорду алат жана жогоруда айтылган классификаторлорду сүрөткө эмес векторлордун базасына колдонот. Векторлорду табуунун жолдору [17] макалада баяндалган.

Адабият изилдөө: Компьютердик көз менен объектилерди табуу жана таануу темасында миңдеген изилдөөлөр жүргүзүлүп жана көптөгөн макалалар жазылган. Мисалы [5-8] жана андагы шилтемелер. Биздин изилдөөлөр [18] макаладагы жыйынтыктарды жакшыртуу маселеси каралган. Көп изилдөөлөрдө компьютердик көз менен объектилерди табуу жана таануу үчүн терең үйрөнүүнү жана туура берилиштерди колдонуу өтө маанилүү экени көрсөтүлгөн [19,20].

Негизги бөлүм

Берилиштерди түзүү

Биз буга чейин жазылган макаладагы [18] жыйынтыктарды салыштыруу жана эксперименттин таза жана ачык өткөрүлүшү үчүн ошол эле макалада синтезделип колдонулган берилиш жыйынынын негизинде иш жүргүзүү туура көрүндү. Жогорууда айтылгандай алынган берилиш жыйынын түздөн түз колдонулбай [17] макаласында баяндалган жолдору аркылуу алардын векторлору табылды. Андан ары, табылган векторлор биздин берилиштер жыйыны болуп саналат.

Машинаны окутуу жана эксперимент

Берилиш жыйыны даяр болгон соң алардын негизинде биздин машине жогорууда айтылган үч түрдүү машине үйрөтүү классификатор аркылуу үйрөтүлдү. Үйрөтүүдө ар кандай (20, 200, 400 жана 600 сүрөт) өлчөмдөгү берилиштер жыйыны колдонулду. Буга кошумча, үйрөтүүдө коротулган ресурстары (убакыт жана колдонулган компьютердеги оперативдик эси) да талдоого алынды.

Жыйынтыктар жана талкылоо: Классификациянын жыйынтыктарын салыштыруу үчүн каталар матрицасын [16] жана анын метрикаларын колдонуу чечилди. Каталар матрицасы – бул максаттуу өзгөрмөнүн болжолдонгон маанисин жана анын чыныгы мааниси менен салыштыруу аркылуу классификациялоо алгоритмдерин эффективдүүлүгүн сүрөттөгө мүмкүнчүлүк берген таблица. Матрицанын саптары болжолдонгон класстын маанилерин, мамычалары болсо чыныгы маанилерин көргөзөт (же тескерисинче).

Метрикалардын аттары жана формулалары

Классификациянын деңгээли (Classification Rate или Accuracy) – текшерүүгө берилген берилиш тобунун модел аркылуу туура классификациялоо пайызы.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Кайтаруу (Recall) – бул метрика туура табылган оң класстардын катышын эсептейт.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Тактык (Precision) – бул метрика оң класстын тактыгын көрсөтөт.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

F1 өлчөмү (F1 measure) - тактыктын жана кайтаруунун орточо салмагы.

$$F\text{ - }measure = \frac{2 * Recall * Precision}{Recall + Precision}$$

Бул жакта, TP (True Positive) - туура божомолдонгон оңдордун саны,
FN (False Negative) - чынында оң, бирок терс болуп божомолдонгондордун саны,
FP (False Positive) - чынында терс, бирок оң болуп божомолдонгондордун саны,
TN (True Negative) - туура божомолдонгон терстердин саны.

Орточо тактыкты саноо үчүн туура классификацияланган бирдиктердин санын тестирленген бирдиктердин жалпы санына бөлүү керек.

Классификаторлорду геометриялык фигураларды таануну үйрөтүү жана кийинки эксперименттерден алынган жыйынтыктар төмөнкүдөй:

Биринчи жадыбалда (Жадыбал 1) айтылган бардык классификатор үчүн каталар матрицасы бириктирилип көрсөтүлгөн:

Таблица 1 - Классификаторлор үчүн каталар матрицасы

			Үч бурчтук	Төрт бурчтук	Айлана	Жылдызча
Жалпы 20 сүрөт менен үйрөтүлдү	KNN	Үч бурчтук	812	188	0	0
		Төрт бурчтук	0	1000	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	0	1000
	SVM	Үч бурчтук	931	69	0	0
		Төрт бурчтук	0	1000	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	0	1000
	CNN	Үч бурчтук	940	60	0	0
		Төрт бурчтук	786	214	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	26	16	958	0
Жалпы 200 сүрөт менен үйрөтүлдү	KNN	Үч бурчтук	1000	0	0	0
		Төрт бурчтук	0	1000	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	0	1000
	SVM	Үч бурчтук	1000	0	0	0
		Төрт бурчтук	0	1000	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	0	1000
	CNN	Үч бурчтук	857	143	0	0
		Төрт бурчтук	91	909	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	26	16	1000	0
Жалпы 400 сүрөт менен үйрөтүлдү	KNN	Үч бурчтук	1000	0	0	0
		Төрт бурчтук	0	1000	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	0	1000
	SVM	Үч бурчтук	1000	0	0	0
		Төрт бурчтук	0	1000	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	0	1000
	CNN	Үч бурчтук	1000	0	0	0
		Төрт бурчтук	15	985	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	7	993

Жалпы 600 сүрөт менен үйрөтүлдү	KNN	Үч бурчтук	1000	0	0	0
		Төрт бурчтук	0	1000	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	0	1000
	SVM	Үч бурчтук	1000	0	0	0
		Төрт бурчтук	0	1000	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	0	1000
	CNN	Үч бурчтук	1000	0	0	0
		Төрт бурчтук	0	1000	0	0
		Айлана	0	0	1000	0
		Жылдызча	0	0	0	1000

Экинчи жадыбалда (Таблица 2) болсо айтылган бардык классификатор үчүн каталар матрицасынын метрикалары бириктирилип көрсөтүлгөн:

Таблица - 2 Классификатор үчүн каталар матрицасынын метрикалары

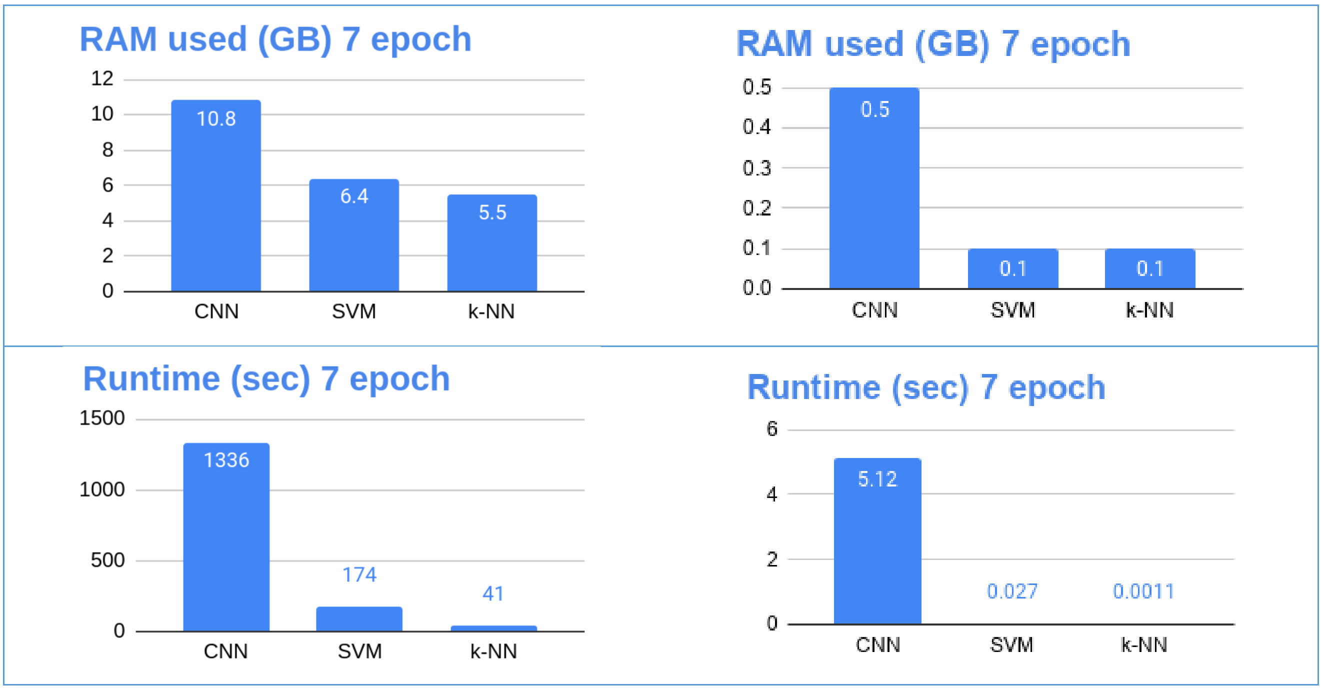
		Тактык	Class	n (classified)	Accuracy	Precision	Recall	F-Measure
Жалпы 20 сүрөт менен үйрөтүлдү	KNN	95.3%	3 бурчтук	1000	95.3%	0.81	1.0	0.90
			4 бурчтук	1000	95.3%	1.0	0.84	0.91
			Айлана	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Жылдызча	1000	100%	1.0	1.0	1.0
	SVM	98.28%	3 бурчтук	1000	98.28%	0.93	1.0	0.96
			4 бурчтук	1000	98.28%	1.0	0.94	0.97
			Айлана	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Жылдызча	1000	100%	1.0	1.0	1.0
	CNN	53.75%	3 бурчтук	1000	78.2%	0.94	0.54	0.68
			4 бурчтук	1000	78.45%	0.21	0.74	0.33
			Айлана	1000	76.05%	1.0	0.51	0.68
			Жылдызча	1000	75%	0.0	0.0	0.0
Жалпы 200 сүрөт менен үйрөтүлдү	KNN	100%	3 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			4 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Айлана	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Жылдызча	1000	100%	1.0	1.0	1.0
	SVM	100%	3 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			4 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Айлана	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Жылдызча	1000	100%	1.0	1.0	1.0
	[illegible]	25	3 бурчтук	1000	94.15%	0.86	0.90	0.88

			4 бурчтук	1000	94.15%	0.91	0.86	0.89
			Айлана	1000	75%	1.0	0.50	0.67
			Жылдызча	1000	75%	0.0	0.0	0.0
Жалпы 400 сүрөт менен үйрөтүлдү	**KNN**	100%	3 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			4 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Айлана	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Жылдызча	1000	100%	1.0	1.0	1.0
	SVM	100%	3 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			4 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Айлана	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Жылдызча	1000	100%	1.0	1.0	1.0
	CNN	99.45%	3 бурчтук	1000	99.63%	1.0	0.99	0.99
			4 бурчтук	1000	99.63%	0.98	1.0	0.99
			Айлана	1000	99.83%	1.0	0.99	1.0
			Жылдызча	1000	99.83%	0.99	1.0	0.0
Жалпы 600 сүрөт менен үйрөтүлдү	**KNN**	100%	3 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			4 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Айлана	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Жылдызча	1000	100%	1.0	1.0	1.0
	SVM	100%	3 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			4 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Айлана	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Жылдызча	1000	100%	1.0	1.0	1.0
	CNN	100%	3 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			4 бурчтук	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Айлана	1000	100%	1.0	1.0	1.0
			Жылдызча	1000	100%	1.0	1.0	1.0

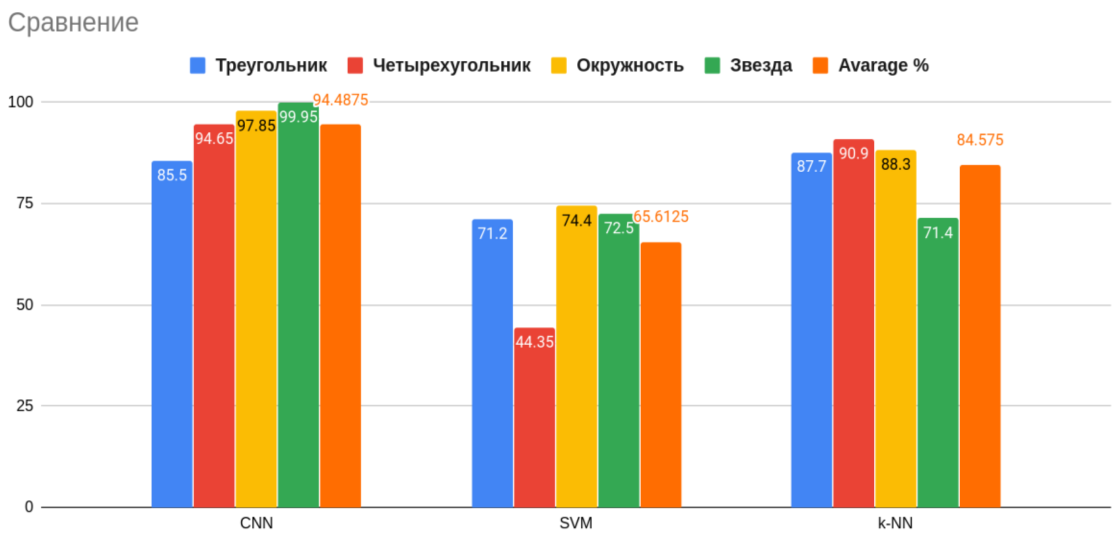
Төмөндө (Таблица 3) үйрөтүүдө коротулган ресурстардын салыштыруу жыдабалы көрсөтүлгөн. Жадыбалда сүрөттөрдүн векторлору аркылуу үйрөткөндө коротулган ресурстардын эселеп азайуусун байкадык. Мисалы, сүрөттөрдү түздөн түз колдонуп үйрөткөндө CNN классификаторуна 10.8 Gb оперативдик эс коротулса, векторлору аркылуу колдонуп үйрөтүүдө 0.5 Gb оперативдик эс колдонулганыны байкалды. Коротулган убакыт да 1336 секундадан 5.12 секундага чейин түштү.

Жадыбал 3 - Машине үйрөтүүдө коротулган ресурстар

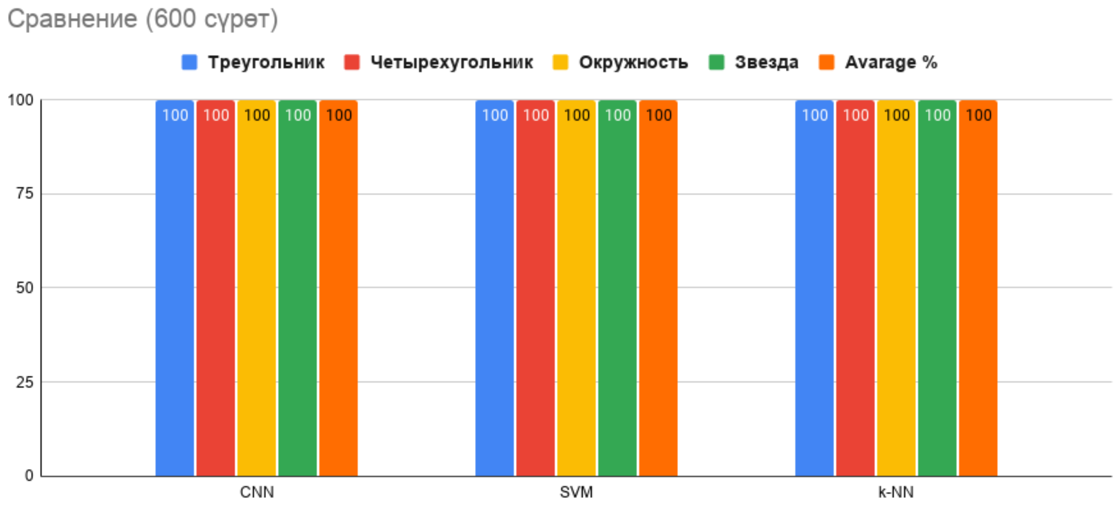
Сүрөттөрдү түздөн түз колдонуп үйрөтүүдө	Сүрөттөрдүн векторлору аркылуу колдонуп үйрөтүүдө



Төмөндөгү (Сүрөт 1) де сүрөттөрдү түздөн түз 68 000 сүрөт колдонуп үйрөткөндөгү жалпы жыйынтыктары, ал эми (Сүрөт 2) де болсо 600 сүрөттүн векторлору аркылуу колдонуп үйрөткөндөгү жалпы жыйынтыктары көрсөтүлгөн.



Сүрөт 1. Берилиш жыйынын түздөн түз колдонуп үйрөтүү жыйынтыктары



Сүрөт 2. Берилиш жыйынын векторго которуп үйрөтүү жыйынтыктары

Жыйынтык

Сүрөттун алдын ала иштетип андан векторлорду алып анан барып машинаны үйрөтүү өтө жакшы жыйынтыктарды берери бул биз жасаган эксперименттер тастыктады.

Биринчиден нейрондун тармактын көлөмүн өтө кескин азайтууга мүмкүнчулук болду жана ал жыйыйнтыкты начарлатууга алып келген жок.

Экинчиден үйрөтүүчү көптүктүн да көлөмүн кескин азайтууга мүмкүнчүлүк болду.

Жогоруда айтылгандардын негизинде сүрөттөрдү таанууда [17] көрсөтүлгөн алгоритм машина үйрөтүү үчүн чоң мааниге ээ экени билинди.

Колдонулган адабияттар:

1. C. a. N. G. Kanellakis, «Survey on computer vision for UAVs: Current developments and trends,» *Journal of Intelligent & Robotic Systems,* т. 87, № 1, pp. 141--168, 2017.
2. L.-W. a. H. J.-W. a. F. K.-C. Tsai, «Vehicle detection using normalized color and edge map,» *IEEE transactions on Image Processing,* т. 16, № 3, pp. 850--864, 2007.
3. G. R. Bradski, «Computer vision face tracking for use in a perceptual user interface,» 1998.
4. S.-Z. a. L. H.-J. Wang, «Detection and recognition of license plate characters with different appearances,» *Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems,* т. 2, pp. 979--984, 2003.
5. X.-X. a. S. C. Y. Niu, «A novel hybrid CNN—SVM classifier for recognizing handwritten digits,» *Pattern Recognition,* т. 45, № 4, pp. 1318--1325, 2012.
6. H. a. V. S. N. a. R. R. Moballegh, «Gradient vector griding: An approach to shape-based object detection in robocup scenarios,» *Robot Soccer World Cup,* pp. 162--173, 2011.
7. K. Agarwal, «Object detection in refrigerators using Tensorflow,» 2018.
8. Y. a. Z. W. a. Y. J. a. L. W. a. H. L. Qian, «Comparing machine learning classifiers for object-based land cover classification using very high resolution imagery,» *Remote Sensing,* т. 7, № 1, pp. 153--168, 2015.
9. Y. a. B. L. a. B. Y. a. H. P. LeCun, «Gradient-based learning applied to document recognition,»

Proceedings of the IEEE, т. 86, № 11, pp. 2278--2324, 1998.
10. P. Goldsborough, «A tour of tensorflow,» *arXiv preprint arXiv:1610.01178,* 2016.
11. L. Wang, Support vector machines: theory and applications, т. 177, Springer Science & Business Media, 2005.
12. O. Sutton, «Introduction to k nearest neighbour classification and condensed nearest neighbour data reduction,» *University lectures, University of Leicester,* pp. 1--10, 2012.
13. T. a. F. S. a. Z. Y. a. W. P. a. Z. J. Liu, «Implementation of training convolutional neural networks,» *arXiv preprint arXiv:1506.01195,* 2015.
14. «Four Shapes,» [В Интернете]. Available: https://www.kaggle.com/smeschke/four-shapes. [Дата обращения: 02 03 2020].
15. P. Umesh, «Image Processing in Python,» *CSI Communications,* т. 23, 2012.
16. «SAP Help Portal,» [В Интернете]. Available: https://help.sap.com/viewer/41d1a6d4e7574e32b815f1cc87c00f42/3.2/ru-RU/9c144a376f004058b4e9fe56727359af.html. [Дата обращения: 05 03 2020].
17. Raiymbek SULTANOV, Ahmet ATAKAN, Rita ISMAILOVA «An algorithm for line matching in an image by mapping into an *n*-dimensional vector space» Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences (2019) 27: 3532 – 3543
18. Бактыбеков М., Кокумбаев Ш., Султанов Р. «Сравнительный анализ классификаторов машинного обучения на основе для распознавания геометрических фигур на плоскости», «Вестник КГУ им. И. Арабаева» 2020
19.Ивахненко А. Г., Лапа В. Г. Кибернетические предсказывающие устройства. — К.: «Наукова думка», 1965. — 216 с. — ISBN 978-5-458-61159-6
20. Francois Chollet. Chapter 9, Section 2 // Deep Learning with Python. — Manning, 2017. — 350 p. — ISBN 9781617294433

Рецензент: т.и.к., доц.м.а. Исмаилова Р.

УДК: 808.1 (575.2) (04)
DOI 10.33514/1694-7851-2020-2-115-121

Кулбаракова З.А.
КР УИА, Ч. Айтматов атындагы Тил жана адабият институту,
илимий кызматкер

КЫРГЫЗ ТЕРМИНОЛОГИЯСЫНЫН ӨНҮГҮШҮ «МАНАС» ЭПОСУНАН БАШТАЛАТ

РАЗВИТИЕ КЫРГЫЗСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ НАЧИНАЕТСЯ С ЭПОСА «МАНАС»

DEVELOPMENT OF THE KYRGYZ TERMINOLOGY BEGINS WITH THE EPOS OF "MANAS"