

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2024 (17) 1
Қаңтар – наурыз

ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)

БАС РЕДАКТОР:

Хикметов Аскар Кусупбекович — басқарма төрағасы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ректоры, физика-математика ғылымдарының кандидаты (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Колесникова Катерина Викторовна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының проректоры (Қазақстан)

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ, Ғылыми-зерттеу жұмыс департаментінің директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің профессоры (Қазақстан)

Лучио Томмазо де Паолис — Саленто университетінің (Италия) инновациялар және технологиялық инженерия департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абертей университеті вице-канцлердің орынбасары (Ұлыбритания)

Микеле Пагано — PhD, Пиза университетінің профессоры (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбаевич — физика-математика ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Жабандық серіктестік және қосымша білім беру жөніндегі проректоры (Қазақстан)

Дузбаев Нуржан Токсужаевич — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректоры (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нүргүл Абдуллаевна — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік» факультетінің деканы (Қазақстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Цифрлық трансформациялар» факультетінің деканы (Қазақстан)

Ыдырыс Айжан Жұмабайқызы — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Экономика және бизнес» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Аманжолова Сауле Токсановна — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Киберқауіпсіздік» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Ниязгулова Айгүл Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Медиакоммуникациялар және Қазақстан тарихы» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Янг Им Чу — PhD, Гачон университетінің профессоры (Оңтүстік Корея)

Тадеуш Валлас — PhD, Адам Мицкевич атындағы университеттің проректоры (Польша)

Мамырбаев Өркен Жұмажанұлы — Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялары институты директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның «УКРНЕТ» жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сәулет университетінің «Жобаларды басқару» кафедрасының менгерушісі (Украина)

Белоощицкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Астана IT университетінің деректер жөніндегі есептеу және ғылым кафедрасының профессоры (Қазақстан)

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Меншіктенуші: «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ (Алматы қ.)

Қазақстан Республикасы Ақпарат және әлеуметтік даму министрлігінің Ақпарат комитетінде – 20.02.2020 жылы берілген.

№ KZ82VPY00020475 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: ақпараттық технологиялар, әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технологиялар, ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологияларға арналған.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 100 дана

Редакцияның мекенжайы: 050040, Алматы қ-сы, Манас к-сі, 34/1, 709-кабинет, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz>

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2024

© Авторлар ұжымы, 2024

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Хикметов Аскар Кусулбекович — кандидат физико-математических наук, председатель правления - ректор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Колесникова Катерина Викторовна — доктор технических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, директор департамента по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Разак Абдул — PhD, профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Лучно Томмазо де Паолис — директор отдела исследований и разработок лаборатории AVR департамента инноваций и технологического инжиниринга Университета Саленто (Италия)

Лиз Бэкон — профессор, заместитель вице-канцлера Университета Абертей (Великобритания)

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбайулы — доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Рысбайулы Болатбек — доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, ассоциированный профессор, проректор по глобальному партнерству и дополнительному образованию Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дузбаев Нуржан Токкужаевич — PhD, ассоциированный профессор, проректор по цифровизации и инновациям Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — кандидат технических наук, декан факультета компьютерных технологий и кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — кандидат экономических наук, декан факультета цифровых трансформаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ыдырыс Айжан Жумабаевна — PhD, ассистент профессор, заведующая кафедрой математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Шилдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, заведующий кафедрой экономики и бизнеса Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Аманжолова Сауле Токсановна — кандидат технических наук, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — кандидат филологических наук, доцент, заведующая кафедрой медиакоммуникаций и истории Казахстана Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Айтмагамбетов Алтай Zufарович — кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, ассоциированный профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, ассоциированный профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Янг Им Чу — PhD, профессор университета Гачон (Южная Корея)

Тадеш Валлас — PhD, проректор университета имен Адама Мицкевича (Польша)

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, заместитель директора по науке РГП Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки МНВО РК (Казахстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — доктор технических наук, профессор, директор Украинской ассоциации управления проектами «УКРНЕТ», заведующий кафедрой управления проектами Киевского национального университета строительства и архитектуры (Украина)

Белошицкая Светлана Васильевна — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры вычислений и науки о данных Astana IT University (Казахстан)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — АО «Международный университет информационных технологий» (Казахстан).

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Собственник: АО «Международный университет информационных технологий» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ82VPY00020475, выданное от 20.02.2020 г.

Тематическая направленность: информационные технологии, информационная безопасность и коммуникационные технологии, цифровые технологии в развитии социо-экономических систем.

Периодичность: 4 раза в год.

Тираж: 100 экземпляров.

Адрес редакции: 050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Сайт журнала: <https://journal.iitu.edu.kz>

© АО Международный университет информационных технологий, 2024

© Коллектив авторов, 2024

EDITOR-IN-CHIEF:

Khikmetov Askar Kusupbekovich — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Chairman of the Board, Rector of International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY CHIEF DIRECTOR:

Kolesnikova Katerina Viktorovna — Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector of Information Systems Department, International Information Technology University (Kazakhstan)

SCIENTIFIC SECRETARY:

Ipalakova Madina Tulegenovna — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Research Department, International University of Information Technologies (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD:

Razaq Abdul — PhD, Professor of International Information Technology University (Kazakhstan)

Lucio Tommaso de Paolis — Director of Research and Development, AVR Laboratory, Department of Innovation and Process Engineering, University of Salento (Italy)

Liz Bacon — Professor, Deputy Director, and Deputy Vice-Chancellor of the University of Abertay. (Great Britain)

Michele Pagano — Ph.D., Professor, University of Pisa (Italy)

Otelbaev Mukhtarbay Otelbayuly – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling of International Information Technology University (Kazakhstan)

Rysbayuly Bolatbek — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Daineko Yevgeniya Alexandrovna — PhD, Associate Professor, Vice-Rector for Global Partnership and Continuing Education, International Information Technology University (Kazakhstan)

Duzbaev Nurzhan Tokkuzhaevich — Candidate of Technical Sciences, Vice-Rector for Digitalization and Innovations, International Information Technology University (Kazakhstan)

Sinchev Bakhtgerey Kuspanuly — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Seilova Nurgul Abdullaevna — Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Computer Technologies and Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mukhamedieva Ardak Gabitovna – Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Digital Transformations, International Information Technology University (Kazakhstan)

Idyrys Aizhan Zhumabaevna — PhD, Head of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Shildibekov Yerlan Zharzhanuly — PhD, Head of the Department of Economics and Business, International Information Technology University (Kazakhstan)

Amanzholova Saule Toksanovna — Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Cyber Security, International Information Technology University (Kazakhstan)

Niyazgulova Aigul Askarbekovna — Candidate of Philology, Head of the Department of Media Communications and History of Kazakhstan, International Information Technology University (Kazakhstan)

Aitmagambetov Altai Zufarovich — Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Radioengineering, Electronics and Telecommunication, International Information Technology University (Kazakhstan)

Almisreb Ali Abd — PhD, Associate Professor, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mohamed Ahmed Hamada — PhD, Associate Professor, Department of Information systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Young Im Choo — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)

Tadeusz Wallas — PhD, University of Dr. Litt Adam Miskevich in Poznan (Poland)

Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich — PhD in Information Systems, Deputy Director for Science, Institute of Information and Computing Technologies CS MSHE RK (Kazakhstan)

Bushuyev Sergey Dmitriyevich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Удoктoр тeхнических наук, профессор, директор Ukrainian Association of Project Management UKRNET, Head of Project Management Department, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

Beloshitskaya Svetlana Vasilyevna — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

EXECUTIVE EDITOR

Mrzabayeva Raushan Zhalievna — International Information Technology University
(Kazakhstan)

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan, Information Committee No. KZ82VPY00020475, issued on 20.02.2020.

Thematic focus: information technology, digital technologies in the development of socio-economic systems, information security and communication technologies

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

Editorial address: 050040. Manas st. 34/1, Almaty. +7 (727) 244-51-09. E-mail: ijct@iitu.edu.kz

Journal website: <https://journal.iitu.edu.kz>

© International Information Technology University JSC, 2024

© Group of authors, 2024

МАЗМҰНЫ

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМЫТУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

А. Агдавлетова, В. Мадин, О. Салыкова БАҒДАРЛАМАНАТЫН ЛОГИКАЛЫҚ КОНТРОЛЛЕРДЕ (БЛК) ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҮДЕРІСТЕРДІ АДАПТИВТІ БАСҚАРУ.....	8
Ф. Бхат, Н.А. Сейлова, В.В. Покусов КОМПЬЮТЕРЛЕРДІ ЖҮКТЕМЕЛІК ТЕСТІЛЕУ БОЙЫНША СЫНАҚТАР ӘДІСТЕМЕСІН ЖҮРГІЗУ БАҒДАРЛАМАСЫН ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ.....	29
Ж.М. Досхожина ҚАЗІРГІ ӘЛЕМДЕГІ МӘДЕНИЕТАРАЛЫҚ КОММУНИКАЦИЯ ПРИНЦИПТЕР.....	48
Ұ.Р. Ералиев ӘСКЕРИ САЛА ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҚАТЫНАСТАРДЫҢ ҚҰРАМДАС БӨЛГІ РЕТІНДЕ.....	56
А. Төлеубеков, А. Досқожанова ҚАЗІРГІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР: ХАЙДЕГГЕРДІҢ ТӘСІЛДЕРІ.....	63

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

А. Маратұлы, Е.А. Абибуллаев YOLO-NAS ЖӘНЕ YOLO-НЫҢ АЛДЫҢҒЫ НҮСҚАЛАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	71
Е.Е. Мұратханов, Е.А. Жанбабаев ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҚАТЫНАС ОРНАТУ КЕЗІНДЕГІ IT-ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНЫҢ ҚАЖЕТТІЛІГІ.....	84
К.М. Шертаев, Л. Ниязбаева СПИКЕРДІ АНЫҚТАУДА ТЕРЕҢ ОҚУ: ЗАМАНАУ ӘДІСТЕР ЖӘНЕ ДАМУ БОЛАШАҒЫ.....	98

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

Д. Лукьянов, А. Колесников ISV 4.0 IPMA МЫСАЛЫ БОЙЫНША ЖОБАНЫ БАСҚАРУ САЛАСЫНДАҒЫ БІЛІМ ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУДА ЭНТРОПИЯ ТӘСІЛДІ ПАЙДАЛАНУ	110
П.С. Пустовойтов, Н.А. Сейлова, А.С. Гнатюк ДАУЫС ЖАЛҒАН ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ: ТӘУЕКЕЛДЕР, ЖАҒДАЙЛАР ЖӘНЕ ҚОРҒАУ СТРАТЕГИЯЛАРЫ.....	122

СОДЕРЖАНИЕ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А. Агдавлетова, В. Мадин, О. Салыкова АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМОМ ЛОГИЧЕСКОМ КОНТРОЛЛЕРЕ (ПЛК).....	8
Ф. Бхат, Н.А. Сейлова, В.В. Покусов ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ И НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ.....	29
Ж.М. Досхожина ПРИНЦИПЫ МЕЖКУЛЬТУРНОЙ КОММУНИКАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ.....	48
У.Р. Ералиев ВОЕННАЯ СФЕРА КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ.....	56
А. Тулеубеков, А. Доскожанова О СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ: ПОДХОД ХАЙДЕГГЕРА.....	63

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. Маратулы, Е.А. Абибуллаев ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ YOLO-NAS И ПРЕДЫДУЩИХ ВЕРСИЙ YOLO.....	71
Е.Е. Муратханов, Е.А. Жанбабаев ВАЖНОСТЬ IT-ТЕХНОЛОГИЙ В УСТАНОВЛЕНИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ.....	84
К.М. Шертаев, Л. Ниязбаева ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ В ИДЕНТИФИКАЦИИ СПИКЕРА: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	98

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Д. Лукьянов, А. Колесников ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНТРОПИЙНОГО ПОДХОДА В АНАЛИЗЕ СИСТЕМ ЗНАНИЙ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НА ПРИМЕРЕ ISV 4.0 IPMA	110
П.С. Пустовойтов, Н.А. Сейлова, А.С. Гнатюк МЕТОДОВ ПОДДЕЛКИ ГОЛОСА: РИСКИ, СЛУЧАИ И СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ.....	122

CONTENTS

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

A. Agdavletova, V. Madin, O. Salykova ADAPTIVE PROCESS MANAGEMENT USING DEEP LEARNING ON A PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC).....	8
F. Bhat, N.A. Seilova, V.V. Pokusov SOFTWARE IMPLEMENTATION OF TESTING METHODOLOGY AND LOAD TESTING OF COMPUTERS.....	29
Zh.M. Doskhozina THE PRINCIPLES OF INTERCULTURAL COMMUNICATION IN THE MODERN WORLD.....	48
U.R. Yeraliev THE MILITARY SPHERE AS A COMPONENT OF INTERNATIONAL RELATIONS.....	56
A. Tuleubekov, A. Doskozhanova ON CONTEMPORARY TECHNOLOGIES: HEIDEGGER'S APPROACH.....	63

INFORMATION TECHNOLOGY

A. Maratuly, Y.A. Abibullayev PERFORMANCE STUDY AND COMPARATIVE ANALYSIS OF YOLO-NAS AND PREVIOUS VERSIONS OF YOLO.....	71
Y.Y. Muratkhanov, Y.A. Zhanbabayev IMPORTANCE OF IT-TECHNOLOGIES IN CREATING OF INTERNATIONAL RELATIONSHIPS.....	84
K.A. Shertayev, L.K. Naizabayeva DEEP LEARNING IN SPEAKER IDENTIFICATION: MODERN METHODS AND DEVELOPMENT PROSPECTS.....	98

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

D. Lukianov, O. Kolesnikov USING THE ENTROPY APPROACH IN THE ANALYSIS OF KNOWLEDGE SYSTEMS IN THE FIELD OF PROJECT MANAGEMENT BY THE EXAMPLE OF ICB 4.0 IPMA	110
P.S. Pustovoitov, N.A. Seilova, A.S. Gnatiuk ANALYSIS OF VOICE IMPERSONATION FRAUD: RISKS, CASES AND DEFENSE STRATEGIES.....	122

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
INFORMATION TECHNOLOGY

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 5. Is. 1. Number 17 (2024). Pp. 71–83

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz>

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2024.17.1.006>

УДК 004.896

**PERFORMANCE STUDY AND COMPARATIVE ANALYSIS OF YOLO-NAS
AND PREVIOUS VERSIONS OF YOLO**

A. Maratuly, Y.A. Abibullayev*

International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: 36168@iitu.edu.kz

Maratuly Ali — master's student, Faculty of Computer Technologies and Cybersecurity, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: 36168@iitu.edu.kz;

Abibullayev Yersultan — master's student, Faculty of Computer Technologies and Cybersecurity, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: 36157@iitu.edu.kz.

© A. Maratuly, Y.A. Abibullayev, 2024

Abstract. This study is devoted to analyzing the performance of the YOLO-NAS (You Only Look Once - Neural Architecture Search) object detection algorithm in comparison with its predecessors from the YOLO family. The aim of the work is to evaluate the performance of YOLO-NAS and to identify its advantages and disadvantages compared to previous versions of the YOLO algorithm. The study is conducted in several key performance aspects, including image processing speed, object detection accuracy, and computational resource utilization efficiency. To achieve these goals, standard datasets for training and testing object detection algorithms were utilized. The research methodology includes the development of an experimental platform that allows to benchmark the performance of YOLO-NAS and previous versions of YOLO under identical conditions. Experiments are conducted on different hardware and software configurations to evaluate the adaptability of the algorithms to different operating conditions. The results of the study allow to draw conclusions about the advantages and



disadvantages of YOLO-NAS compared to previous versions of YOLO in the context of performance. These conclusions can be useful for computer vision developers and researchers when choosing the most appropriate algorithm for the tasks.

Keywords: YOLO-NAS, YOLO, object detection, neural network model, computer vision, deep learning, artificial intelligence

For citation: A. Maratuly, Y.A. Abibullayev. PERFORMANCE STUDY AND COMPARATIVE ANALYSIS OF YOLO-NAS AND PREVIOUS VERSIONS OF YOLO//INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES. 2024. Vol. 5. No. 17. Pp. 71–83 (In Russ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2024.17.1.006>.

YOLO-NAS ЖӘНЕ YOLO-НЫҢ АЛДЫҢҒЫ НҰСҚАЛАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

A. Маратұлы, Е.А. Абибуллаев*

Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: 36168@iitu.edu.kz

Маратұлы Али — Компьютерлік Технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің магистранты

E-mail: 36168@iitu.edu.kz;

Абибуллаев Ерсұлтан — Компьютерлік Технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің магистранты

E-mail: 36157@iitu.edu.kz.

© А. Маратұлы, Е.А. Абибуллаев, 2024

Аннотация. Бұл зерттеу Yolo-nas объектілерін анықтау алгоритмінің (you Only Look Once - Neural Architecture Search) YOLO отбасының предшественниктерімен салыстырғанда өнімділігін талдауға арналған. Жұмыстың мақсаты-YOLO-nas тиімділігін бағалау және YOLO алгоритмінің алдыңғы нұсқаларымен салыстырғанда оның артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау. Зерттеу өнімділіктің бірнеше негізгі аспектілерінде жүргізіледі, соның ішінде кескінді өңдеу жылдамдығы, нысанды анықтау дәлдігі және есептеу жүйесінің ресурстарын пайдалану тиімділігі. Осы мақсаттарға жету үшін біз объектілерді анықтау алгоритмдерін оқыту және тестілеу үшін стандартты мәліметтер жиынтығын қолданамыз. Зерттеу әдістемесі YOLO-nas өнімділігін және YOLO-ның алдыңғы нұсқаларын бірдей шарттарда салыстырмалы талдауға мүмкіндік беретін эксперименттік платформаны әзірледі камтиды. Алгоритмдердің әртүрлі жұмыс жағдайларына бейімделуін бағалау үшін эксперименттер әртүрлі аппараттық және бағдарламалық жасақтама конфигурацияларында жүргізіледі. Зерттеу нәтижелері өнімділік контекстінде YOLO-ның алдыңғы нұсқаларымен салыстырғанда YOLO-NAS артықшылықтары мен кемшіліктері туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Бұл тұжырымдар компьютерлік көру саласындағы әзірлеушілер



мен зерттеушілерге өз міндеттері үшін ең қолайлы алгоритмді тандауда пайдалы болуы мүмкін.

Түйін сөздер: YOLO-NAS, YOLO, нысанды анықтау, нейрондық желі моделі, компьютерлік көру, терең оқыту, жасанды интеллект

Дәйексөздер үшін: А. Маратулы, Е.А. Абибуллаев. YOLO-NAS ЖӘНЕ YOLO-НЫҢ АЛДЫҢҒЫ НҮСҚАЛАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ//ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ. 2024. Т. 5. №. 17. 71–83 бет. (орыс тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2024.17.1.006>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ YOLO-NAS И ПРЕДЫДУЩИХ ВЕРСИЙ YOLO

А. Маратулы, Е.А. Абибуллаев*

Международный университет информационных технологий,

Алматы, Казахстан.

E-mail: 36168@iitu.edu.kz

Маратулы Али — магистрант, Факультет компьютерных технологий и кибербезопасности, Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан
E-mail: 36168@iitu.edu.kz;

Абибуллаев Ерсултан — магистрант, Факультет компьютерных технологий и кибербезопасности, Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан
E-mail: 36157@iitu.edu.kz.

© А. Маратулы, Е.А. Абибуллаев, 2024

Аннотация. Исследование посвящено анализу производительности алгоритма обнаружения объектов YOLO-NAS (You Only Look Once – Neural Architecture Search) в сравнении с его предшественниками из семейства YOLO. Целью работы является оценка эффективности YOLO-NAS и выявление его преимуществ и недостатков по сравнению с предыдущими версиями алгоритма YOLO. Исследование проводится в нескольких ключевых аспектах производительности, включая скорость обработки изображений, точность обнаружения объектов, а также эффективность использования ресурсов вычислительной системы. Для достижения этих целей, используются стандартные наборы данных для обучения и тестирования алгоритмов обнаружения объектов. Методика исследования включает в себя разработку экспериментальной платформы, которая позволяет провести сравнительный анализ производительности YOLO-NAS и предыдущих версий YOLO на одинаковых условиях. Эксперименты проводятся на различных конфигурациях аппаратного и программного обеспечения, чтобы оценить адаптивность алгоритмов к разным условиям работы. Результаты исследования позволяют сделать выводы о преимуществах и недостатках YOLO-NAS по сравнению с предыдущими версиями YOLO в контексте производительности.



Эти выводы могут быть полезны для разработчиков и исследователей в области компьютерного зрения при выборе наиболее подходящего алгоритма для своих задач.

Ключевые слова: YOLO-NAS, YOLO, обнаружение объектов, нейросетевая модель, компьютерное зрение, искусственный интеллект

Для цитирования: А. Маратулы, Е.А. Абибуллаев. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ YOLO-NAS И ПРЕДЫДУЩИХ ВЕРСИЙ YOLO//МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. 2024. Т. 5. No. 17. Стр. 71–83. (На русс.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2024.17.1.006>.

Введение

Обнаружение объектов в реальном времени стало важнейшим компонентом во многих приложениях, охватывающих различные области, такие как беспилотные транспортные средства, робототехника, видеонаблюдение и дополненная реальность. Среди различных алгоритмов обнаружения объектов система YOLO (You Only Look Once) выделяется своим замечательным балансом скорости и точности, позволяя быстро и надежно идентифицировать объекты на изображениях. С момента своего создания семейство YOLO развивалось через несколько итераций, каждая из которых основывалась на предыдущих версиях для устранения ограничений и повышения производительности (см. рис. 1). Целью этого документа является предоставление всестороннего обзора развития платформы YOLO, от исходной версии YOLOv1 до последней версии YOLOv8, с объяснением ключевых инноваций, различий и улучшений в каждой версии.

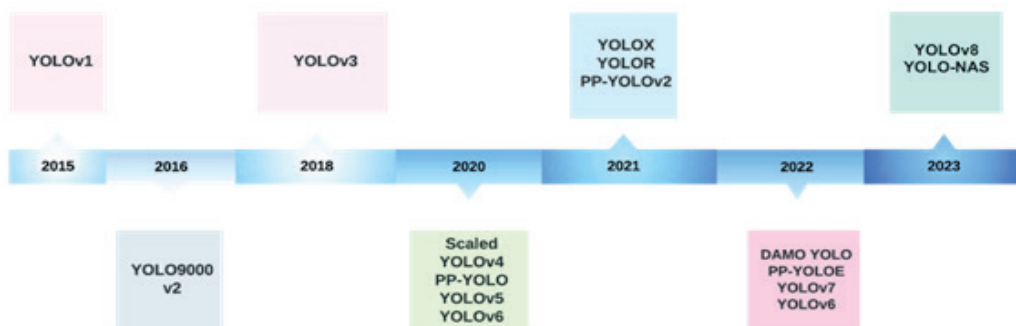


Рисунок 1 – Хронология версий YOLO

Помимо платформы YOLO, в области обнаружения объектов и обработки изображений было разработано несколько других примечательных методов. Такие методы, как R-CNN (региональные сверточные нейронные сети) и их преемники, Fast R-CNN и Faster R-CNN, сыграли ключевую роль в повышении точности обнаружения объектов. Эти методы основаны на двухэтапном процессе, в котором выборочный поиск генерирует предложения регионов, а сверточные

нейронные сети классифицируют и уточняют эти регионы. Еще одним важным подходом является однократный детектор MultiBox (SSD), который, как и YOLO, фокусируется на скорости и эффективности, устраняя необходимость в отдельном этапе предложения региона. Кроме того, такие методы, как Mask-RNN, обладают расширенными возможностями сегментации экземпляров, обеспечивая точную локализацию объектов и сегментацию на уровне пикселей. Эти разработки, наряду с другими, такими как RetinaNet и EfficientDet, в совокупности внесли свой вклад в разнообразие алгоритмов обнаружения объектов. Каждый метод представляет собой уникальный компромисс между скоростью, точностью и сложностью, отвечающие различным потребностям приложений и вычислительным ограничениям.

Необходимо изучить основополагающие концепции и архитектуры оригинальной модели YOLO, которая заложила основу для последующих достижений в семействе YOLO. После этого мы углубимся в усовершенствования и улучшения, представленные в каждой версии, от YOLOv2 до YOLOv8. Эти улучшения охватывают различные аспекты, такие как проектирование сети, модификации функции потерь, адаптация поля привязки и масштабирование входного разрешения. Изучая эти разработки, мы стремимся предложить целостное понимание эволюции структуры YOLO и ее значения для обнаружения объектов.

Применение YOLO в различных областях

Возможности YOLO по обнаружению объектов в режиме реального времени оказались неоценимы в автономных транспортных системах, позволяя быстро идентифицировать и отслеживать различные объекты, такие как транспортные средства, пешеходы, велосипеды и другие препятствия. Эти возможности применяются во многих областях, включая распознавание действий в видеопоследовательностях для наблюдения, спортивный анализ и взаимодействие человека с компьютером.

Модели YOLO используются в сельском хозяйстве для обнаружения и классификации сельскохозяйственных культур, вредителей и болезней, помогая применять методы точного земледелия и автоматизировать сельскохозяйственные процессы. Они также были адаптированы для задач обнаружения лиц в системах биометрии, безопасности и распознавания лиц.

В медицинской сфере YOLO используется для обнаружения рака, сегментации кожи и идентификации таблеток, что приводит к повышению точности диагностики и более эффективным процессам лечения. В дистанционном зондировании он использовался для обнаружения и классификации объектов на спутниковых и аэрофотоснимках, помогая при картировании землепользования, городском планировании и мониторинге окружающей среды.

Системы безопасности интегрировали модели YOLO для мониторинга и анализа видеопотоков в реальном времени, что позволяет быстро обнаруживать подозрительные действия, социальное дистанцирование и обнаружение



масок для лица. Модели также применяются при контроле поверхности для обнаружения дефектов и аномалий, улучшая контроль качества в производстве и производственных процессах.

В дорожных приложениях модели YOLO использовались для таких задач, как обнаружение номерных знаков и распознавание дорожных знаков, что способствовало разработке интеллектуальных транспортных систем и решений по управлению дорожным движением. Они использовались для обнаружения и мониторинга дикой природы для выявления исчезающих видов с целью сохранения биоразнообразия и управления экосистемами. Наконец, YOLO широко используется в робототехнике и обнаружении объектов с помощью дронов. На рисунке 2 показана библиометрическая сетевая визуализация всех документов, найденных в Scopus, со словом YOLO в заголовке и отфильтрованных по ключевому слову обнаружения объектов. Затем мы вручную отфильтровали все бумаги, связанные с заявками.

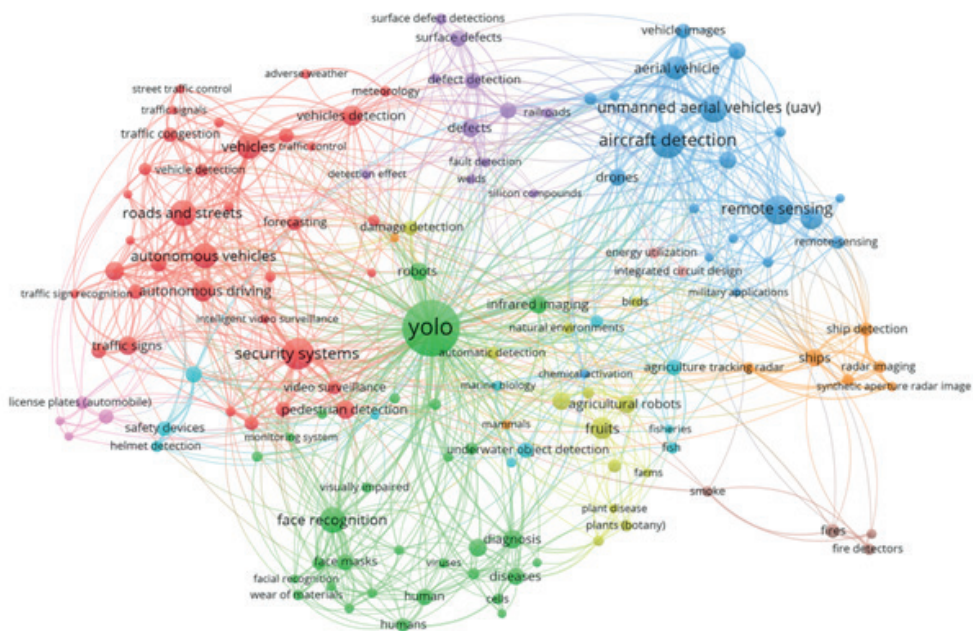


Рисунок 2 – Визуализация библиометрической сети основных приложений YOLO

Метрики обнаружения объектов и неадекватное подавление

Средняя точность, традиционно называемая средней точностью, является общепринятой метрикой для оценки эффективности моделей обнаружения объектов. Она измеряет среднюю точность по всем категориям, предоставляя единое значение для сравнения различных моделей. В наборе данных COCO нет различий между средней точностью и средней точностью. В дальнейшем мы будем называть эту метрику средней точностью. В YOLOv1 и YOLOv2 для



обучения и бенчмаркинга использовались наборы данных PASCAL VOC 2007 и VOC 2012. Однако, начиная с YOLOv3, используется набор данных Microsoft COCO (Common Objects in Context). Средняя точность рассчитывается по-разному для этих наборов данных. В следующих разделах мы рассмотрим обоснование средней точности и объясним, как она вычисляется.

Средняя метрика точности основана на метрике precision-recall, обработке нескольких категорий объектов и определении положительного прогноза с помощью Intersection over Union.

Точность и отзыв: Точность измеряет точность положительных предсказаний модели, а отзыв – долю фактических положительных случаев, которые модель правильно идентифицирует. Часто существует компромисс между точностью и отзывом; например, увеличение количества обнаруженных объектов (более высокий отзыв) может привести к большему количеству ложных срабатываний (более низкая точность). Чтобы учесть этот компромисс, метрика средней точности включает в себя кривую "точность-отзыв", которая показывает соотношение точности и отзыва для различных порогов уверенности. Эта метрика обеспечивает сбалансированную оценку точности и припоминания, учитывая площадь под кривой "точность-припоминание".

Работа с несколькими категориями объектов: Модели обнаружения объектов должны идентифицировать и локализовать несколько категорий объектов на изображении. Метрика средней точности решает эту задачу, рассчитывая среднюю точность каждой категории отдельно, а затем беря среднее значение этих средних точностей по всем категориям (поэтому ее также называют средней точностью). Такой подход позволяет оценить эффективность модели для каждой категории в отдельности, что дает более полную оценку общей эффективности модели. Пересечение над объединением: Обнаружение объектов направлено на точную локализацию объектов на изображениях путем предсказания ограничительных рамок. Метрика средней точности включает в себя пересечение над объединением для оценки качества предсказанных границ. Intersection over Union - это отношение площади пересечения к площади объединения предсказанного ограничительного поля и истинного ограничительного поля (см. рисунок 3). Он измеряет степень перекрытия между истинными и предсказанными ограничительными рамками. В эталоне "Общие объекты в контексте" рассматривается несколько порогов пересечения и объединения, чтобы оценить производительность модели на разных уровнях точности локализации.

YOLO: You Only Look Once. YOLO Джозефа Редмона и др. был опубликован в CVPR 2016 (Редмон и др., 2016: 779–788). Он впервые представил комплексный подход к обнаружению объектов в реальном времени. Название YOLO означает «Вы смотрите только один раз», имея в виду тот факт, что он был в состоянии выполнить задачу обнаружения за один проход сети, в отличие от предыдущих подходов, которые либо использовали скользящие окна, за которыми следовал классификатор, который должен был запускать сотни или тысячи раз для каждого изображения или более продвинутые методы, которые разделили задачу на

два этапа, где первый шаг обнаруживает возможные регионы с объектами или предложениями регионов, а второй шаг запускает классификатор предложений. Кроме того, YOLO использовал более простой вывод, основанный только на регрессии, для прогнозирования результатов обнаружения, в отличие от Fast R-CNN, который использовал два отдельных вывода: классификацию вероятностей и регрессию для координат блоков.

Благодаря всем этим улучшениям YOLOv2 достиг средней точности (AP) 78,6 % в наборе данных PASCAL VOC2007 по сравнению с 63,4 %, полученными YOLOv1.

YOLOv2

YOLOv2 был опубликован в CVPR 2017 (Редмон и др., 2017: 7263–7271) Джозефом Редмоном и Али Фархади. Он включал в себя несколько улучшений по сравнению с оригинальным YOLO, чтобы сделать его лучше, сохранив ту же скорость, а также сильнее — способным обнаруживать 9000 категорий.

Улучшения заключались в следующем:

1. Пакетная нормализация на всех сверточных слоях улучшила сходимость и действует как регуляризатор, уменьшая переобучение.

2. Классификатор высокого разрешения. Как и YOLOv1, они предварительно обучили модель с помощью ImageNet. Однако на этот раз они настроили модель для десяти эпох в ImageNet, улучшив производительность сети при вводе с более высоким разрешением.

3. Полностью сверточная модель. Они удалили плотные слои и использовали полностью сверточную архитектуру.

4. Использование поля привязки для прогнозирования ограничивающих рамок. Они используют набор предшествующих блоков или блоков привязки, которые представляют собой блоки с предопределенными формами, используемыми для соответствия прототипным формам объектов. Для каждой ячейки сетки определяется несколько блоков привязки, и система прогнозирует координаты и класс для каждый якорный ящик. Размер выходных данных сети пропорционален количеству ячеек привязки на ячейку сетки.

5. Кластеры измерений. Выбор хороших предшествующих блоков помогает сети научиться прогнозировать более точные ограничивающие рамки. Авторы провели кластеризацию k-средних по обучающим ограничивающим рамкам, чтобы найти хорошие априорные значения. Они выбрали пять предыдущих блоков, обеспечивающих хороший компромисс между отзывом и сложностью модели.

6. Прямое предсказание местоположения. В отличие от других методов, предсказывающих смещения, YOLOv2 следовал той же философии и предсказывал координаты местоположения относительно ячейки сетки.

7. Более детальные функции.

8. Многомасштабное обучение. Поскольку YOLOv2 не использует полностью связанные слои, входные данные могут быть разных размеров.

YOLOv3



YOLOv3 (Редмон и др., 2018) был опубликован в ArXiv в 2018 году Джозефом Редмоном и Али Фархади. Он включал в себя значительные изменения и более крупную архитектуру, чтобы соответствовать современному состоянию, сохраняя при этом производительность в реальном времени. Ниже мы описали изменения в отношении YOLOv2.

1. Прогнозирование ограничивающей рамки. Как и YOLOv2, сеть прогнозирует четыре координаты для каждой ограничивающей рамки. Однако на этот раз YOLOv3 прогнозирует оценку объектности для каждой ограничивающей рамки с помощью логистической регрессии. Этот балл равен 1 для поля привязки с наибольшим перекрытием с основной истиной и 0 для остальных блоков привязки. YOLOv3, в отличие от Faster R-CNN, назначает только один блок привязки каждому основному объекту истины. Кроме того, если объекту не назначено поле привязки, это приводит только к потере классификации, но не к потере локализации или потере уверенности.

2. Прогнозирование классов. Вместо использования softmax для классификации они использовали двоичную кросс-энтропию для обучения независимых логистических классификаторов и представили проблему как классификацию по нескольким меткам. Это изменение позволяет назначать несколько меток одному и тому же блоку, что может произойти в некоторых сложных наборах данных с перекрывающимися метками.

3. Новый костяк. YOLOv3 имеет более крупный экстрактор функций, состоящий из 53 сверточных слоев с остаточными связями.

4. Объединение в пространственную пирамиду (SPP). Хотя это и не упоминается в статье, авторы также добавили в основу модифицированный блок SPP, который объединяет несколько максимальных результатов объединения без субдискретизации (шаг = 1), что позволяет увеличить восприимчивое поле. Эта версия называется YOLOv3-spp и является самой эффективной версией, улучшающей AP50 на 2,7 %.

5. Многомасштабные прогнозы. Подобно сетям пирамид функций, YOLOv3 прогнозирует три блока в трех разных масштабах. В разделе 6.2 механизм многомасштабного прогнозирования описан более подробно.

6. Ограничительная рамка приоры. Как и YOLOv2, авторы также используют k-средние для определения априорных значений ограничивающего прямоугольника для блоков привязки. Разница в том, что в YOLOv2 они использовали в общей сложности пять предшествующих блоков на ячейку, а в YOLOv3 они использовали три предшествующих поля для трёх разных шкал.

Когда был выпущен YOLOv3, эталон обнаружения объектов изменился с PASCAL VOC на Microsoft COCO. Поэтому с этого момента все YOLO оцениваются в наборе данных MS COCO. YOLOv3-spp достиг средней точности AP 36,2 % при 20 кадрах в секунду, что является самым современным на тот момент показателем и в 2 раза быстрее.

YOLOv4

Прошло два года, а новой версии YOLO так и не появилось. Лишь в апреле 2020

года Алексей Бочковский, Цзянь-Яо Ван и Хун-Юань Марк Ляо опубликовали в ArXiv статью для YOLOv4 (Бочковский и др., 2020). Поначалу показалось странным, что разные авторы представили новую «официальную» версию YOLO; тем не менее, YOLOv4 сохранил ту же философию YOLO — работа в реальном времени, с открытым исходным кодом, единый снимок и структуру даркнета — и улучшения были настолько удовлетворительными, что сообщество быстро приняло эту версию как официальную YOLOv4.

YOLOv4 пытался найти оптимальный баланс, экспериментируя со множеством изменений, разделенных на категории bag-of-freebies и bag-of-specials. Пакет бесплатных подарков — это методы, которые только меняют стратегию обучения и увеличивают стоимость обучения, но не увеличивают время вывода, наиболее распространенным из которых является увеличение данных. С другой стороны, специальные методы — это методы, которые немного увеличивают стоимость вывода, но значительно повышают точность. Примерами этих методов являются, среди прочего, методы расширения рецептивного поля, комбинирования функций и постобработки.

Мы резюмируем основные изменения YOLOv4 в следующих пунктах:

- Усовершенствованная архитектура с интеграцией специальных пакетов (BoS). Авторы опробовали несколько архитектур магистральной сети, например ResNeXt50, EfficientNet-B3 и Darknet-53. Наиболее эффективной архитектурой оказалась модификация Darknet-53 с межэтапными частичными соединениями (CSPNet) и функцией активации Миша в качестве магистрали. Для шеи они использовали модифицированную версию объединение пространственных пирамид (SPP) из YOLOv3-spp и многомасштабные прогнозы, как в YOLOv3, но с модифицированной версией сети агрегации путей (PANet) [70] вместо FPN, а также модифицированным модулем пространственного внимания (SAM). Наконец, для головки обнаружения используются якоря, как в YOLOv3. Поэтому модель получила название CSPDarknet53-PANet-SPP. Межстадийные частичные соединения (CSP), добавленные в Darknet-53, помогают сократить объем вычислений. модели, сохраняя при этом ту же точность. Блок SPP, как и в YOLOv3-spp, увеличивает рецептивное поле, не влияя на скорость вывода. Модифицированная версия PANet объединяет функции, а не добавляет их, как в исходной статье PANet.

- Интеграция пакета подарков (BoF) для повышения квалификации. Помимо обычных дополнений, таких как случайная яркость, контрастность, масштабирование, обрезка, переворот и вращение, авторы реализовали мозаичное увеличение, которое объединяет четыре изображения в одно, позволяя обнаруживать объекты вне их обычного контекста, а также уменьшая необходимость в большой размер мини-партии для нормализации партии. Для регуляризации они использовали DropBlock, который работает как замена Dropout, но для сверточных нейронных сетей, а также для сглаживания меток классов. Для детектора они добавили потери CIoU и нормализацию Cross mini-batch (CmBN) для сбора статистики со всей партии, а не с отдельных мини-партий, как при обычной нормализации партии.



- Обучение самопротивлению (SAT). Чтобы сделать модель более устойчивой к возмущениям, на входное изображение осуществляется состязательная атака, чтобы создать обман, заключающийся в том, что основного истинного объекта нет на изображении, но сохраняется исходная метка для обнаружения правильного объекта.

- Оптимизация гиперпараметров с помощью генетических алгоритмов. Чтобы найти оптимальные гиперпараметры, используемые для обучения, они используют генетические алгоритмы для первых 10 % периодов и планировщик косинусного отжига для изменения скорости обучения во время обучения. Он начинает медленно снижать скорость обучения, за которой следует быстрое снижение в середине тренировочного процесса, заканчивающееся небольшим снижением.

YOLOv5

YOLOv5 (Йохер, 2020) был выпущен через пару месяцев после YOLOv4 в 2020 году Гленом Джочером, основателем и генеральным директором Ultralytics. Он использует множество улучшений, описанных в разделе YOLOv4, но разработанных в Pytorch, а не в Darknet. YOLOv5 включает в себя алгоритм Ultralytics под названием AutoAnchor. Этот инструмент предварительного обучения проверяет и корректирует поля привязки, если они не подходят для набора данных и настроек обучения, таких как размер изображения. Сначала он применяет функцию k-средних к меткам набора данных, чтобы сгенерировать начальные условия для алгоритма генетической эволюции (GE). Затем алгоритм GE по умолчанию развивает эти якоря на протяжении 1000 поколений, используя потери CIoU и наилучший возможный отзыв в качестве функции приспособленности. На рис. 13 показана подробная архитектура YOLOv5.

YOLOv6

YOLOv6 (Ли и др., 2022) был опубликован в ArXiv в сентябре 2022 года отделом искусственного интеллекта Meituan Vision. Проект сети состоит из эффективной магистральной сети с блоками RepVGG или CSPStackRep, шеи топологии PAN и эффективной развязанной головки со стратегией гибридного канала. Кроме того, в документе представлены усовершенствованные методы квантования с использованием квантования после обучения и поканальной дистилляции, что приводит к созданию более быстрых и точных детекторов. В целом YOLOv6 превосходит предыдущие современные модели по показателям точности и скорости, такие как YOLOv5, YOLOX и PP-YOLOE.

YOLOv7

YOLOv7 (Ванг, 2022) был опубликован в ArXiv в июле 2022 года теми же авторами YOLOv4 и YOLOR. На тот момент он превосходил все известные детекторы объектов по скорости и точности в диапазоне от 5 до 160 кадров в секунду. Как и YOLOv4, он был обучен с использованием только набора данных MS COCO без предварительно обученных магистральных сетей. YOLOv7 предложил пару изменений архитектуры и ряд халявы, которые увеличили точность, не влияя на скорость вывода, а только на время обучения.

YOLOv8

YOLOv8 (Йохер, 2023) был выпущен в январе 2023 года компанией Ultralytics, разработавшей YOLOv5. YOLOv8 предоставил пять масштабированных версий: YOLOv8n (nano), YOLOv8s (small), YOLOv8m (medium), YOLOv8l (large) и YOLOv8x (extra large). YOLOv8 поддерживает несколько задач машинного зрения, таких как обнаружение объектов, сегментация, оценка позы, отслеживание и классификация.

YOLO-NAS

YOLO-NAS (Команда, 2023) был выпущен в мае 2023 года компанией Deci, которая разрабатывает модели и инструменты промышленного уровня для создания, оптимизации и развертывания моделей глубокого обучения. YOLO-NAS предназначен для обнаружения небольших объектов, повышения точности локализации и повышения соотношения производительности на компьютер, что делает его подходящим для приложений на периферийных устройствах в реальном времени. Кроме того, его архитектура с открытым исходным кодом доступна для исследовательского использования.

Новизна YOLO-NAS включает следующее:

- Модули с поддержкой квантования, называемые QSP и QCI, которые объединяют повторную параметризацию для 8-битного квантования, чтобы минимизировать потерю точности во время квантования после обучения.
- Автоматическое проектирование архитектуры с использованием AutoNAS, собственной технологии NAS компании Deci.
- Метод гибридного квантования, позволяющий выборочно квантовать определенные части модели, чтобы сбалансировать задержку и точность, вместо стандартного квантования, при котором затрагиваются все слои.
- Режим предварительной подготовки с автоматически размеченными данными, самоочисткой и большими наборами данных.

Заключение

С момента своего создания фреймворк YOLO претерпел значительные изменения, превратившись в сложную и эффективную систему обнаружения объектов в реальном времени. Последние усовершенствования YOLO, включая YOLOv8, YOLO-NAS и YOLO с трансформаторами, продемонстрировали новые рубежи в обнаружении объектов и показали, что YOLO по-прежнему остается важной областью исследований. Сочетание архитектурных улучшений, методов обучения и расширения наборов данных позволило повысить производительность семейства YOLO. Кроме того, решающим фактором успеха YOLO стал подход, основанный на трансферном обучении, который позволил адаптировать фреймворк к различным задачам обнаружения объектов.

Несмотря на успех YOLO, все еще существует ряд проблем, которые необходимо решить при обнаружении объектов в реальном времени, таких как окклюзия, изменение масштаба и оценка позы. Одной из важных областей, в которых YOLO может быть улучшена, является работа с мелкими объектами, которые остаются проблемой для большинства систем обнаружения объектов. Кроме того, эффективность YOLO достигается за счет снижения точности по



сравнению с некоторыми современными системами, что говорит о необходимости поиска компромисса между скоростью и точностью.

В будущем мы можем ожидать дальнейшего совершенствования системы YOLO за счет интеграции новых технологий, таких как механизмы внимания, контрастное обучение и генеративные состязательные сети. Разработка YOLO показала, что обнаружение объектов в реальном времени — это быстро развивающаяся область, в которой есть много возможностей для инноваций и улучшений. Семейство YOLO задало интересный ориентир, и мы можем ожидать, что другие исследователи, опираясь на его успех, разработают более эффективные и точные системы обнаружения объектов.

ЛИТЕРАТУРА

Бочковский А., Ванг Ч.-Й., Ляо Х.-Й. (2020). — M. Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection // arXiv preprint arXiv:2004.10934. — 2020.

Ванг Ч.-Й., Бочковский А., Ляо Х.-Й. (2022). — M. Yolov7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors // arXiv preprint arXiv:2207.02696. — 2022.

Команда R. (2023). YOLO-NAS by Deci Achieves State-of-the-Art Performance on Object Detection Using Neural Architecture Search. URL: <https://dec.ai/blog/yolo-nas-object-detection-foundation-model/>. 2023.5. Йохер Г. YOLOv5 by Ultralytics. — URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5>. — 2020.

Йохер Г., Чаурасия А., Цзю Ц. (2023). YOLO by Ultralytics. — URL: <https://github.com/ultralytics/ultralytics/>. — 2023.

Ли С., Ли Л., Цзян Х., Вэнг К., Генг Й., Ке З., Ли Ц., Чэн М., Ни В. и др. (2022). Yolov6: A single-stage object detection framework for industrial applications // arXiv preprint arXiv:2209.02976. — 2022.

Редмон Дж., Диввала С., Гиршик Р., Фархади А. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. — 2016. — Стр. 779–788.

Редмон Дж., Фархади А. (2017). Yolo9000: better, faster, stronger // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. — 2017. — Стр. 7263–7271.

Редмон Дж., Фархади А. (2018). Yolov3: An incremental improvement // arXiv preprint arXiv:1804.02767. — 2018.

REFERENCES

Bochkovsky A., Wang Ch.-Ya., Liao H.-I. (2020). M. Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection // Preprint arXiv arXiv:2004.10934. — 2020.

Komanda R. (2023). YOLONAS from Deci Provides state-of-the-art performance in object detection using neural architecture search. — URL: <https://dec.ai/blog/yolo-nas-object-detection-foundation-model/>. — 2023.

Li S., Li L., Jiang H., Wang K., Geng Y., Ke Z., Li C., Cheng M., Ni V. (2022). etc. Yolov6: Single-stage object detection system for industrial applications // Preprint arXiv arXiv:2209.02976. — 2022.

Redmon J., Divvala S., Girshik R., Farhadi A. (2016). You watch only once: Unified object detection in real time // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. — 2016. — Pp. 779–788.

Redmon J., Farhadi A. (2017). Yolo9000: better, faster, more powerful // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. — 2017. — Pp. 7263–7271.

Redmon J., Farhadi A. (2018). Yolov3: Gradual improvement // Preprint arXiv arXiv:1804.02767. — 2018.

Yogi G. (2020). YOLOv5 from Ultralytics. — URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5>. — 2020.

Yorer G., Chaurasia A. (2023). author: Ultralytics. URL: <https://github.com/ultralytics/ultralytics/>. — 2023.

Wang Ch.-I., Bochkovsky A., Liao H.-I. (2022). M. Yolov7: A trainable set of free kits for detecting objects in real time // Preprint arXiv arXiv:2207.02696. — 2022.



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Правила оформления статьи для публикации в журнале на сайте:

<https://journal.iitu.edu.kz>

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Собственник: АО «Международный университет информационных технологий» (Казахстан, Алматы)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Раушан Жалиқызы

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА

Жадыранова Гүльнур Даутбековна

Подписано в печать 15.03.2024.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф. 9,0 п.л. Тираж 100
050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09).