

campaign of the online casino as a whole are calculated, such as the mathematical calculation of the value of bonuses that customers have received within the framework of the campaign and fundraising. It is stated that the operational characteristics may be sensitive to new combinations of calls from the anti-bonus hunting in online gambling with different parameters. There was a negative effect of entering from the aggregation of the bonus and the deposit and exchange for the maximum amount of the bonus for increasing the level of loyalty, which is a strategic goal of the marketing campaign.

Software-implemented is an information system that helps to support the decision of the information security service of the online gambling operator to select and establish the optimal combination of measures to combat bonus hunting in the online casino platform. The decision support of the information system facilitates the task of making the optimal decision and increases the effectiveness of such a decision by the services of the online gambling operator in forming a marketing campaign on the criteria of increasing integrated customer loyalty, reducing actual costs and increasing total margin, thereby improving its operational characteristics.

Keywords: *exploitation of variations, bonus hunting, gambling, online casino, customer satisfaction, operational characteristics, margin, customer loyalty.*

Стаття надійшла 08.09.2021 р.

УДК 004.93

doi.org/10.31498/2522-9990242021267123

Левицька Т. О., Біленко А. П.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРИЮВАНЬ ЛЕГЕНІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

У статті розглядаються проблеми та методи машинної класифікації та розпізнавання рентгенівських знімків (СХР), а також питання удосконалення штучних НМ, які використовуються для підвищення якості класифікації рентгенологічних синдромів. Встановлено, що сучасні методи виявлення захворювань в СХР мають складнощі з недостатньою кількістю учбових даних, стандартизацію зображень і з попередньою сегментацією навчального набору. Сформовані конкретні засоби розв'язання описаних проблем з якими стикаються НМ при аналізі даних. В якості рішення запропоновано використання методів глибоко навчання, а саме згорткової НМ на основі зворотного розповсюдження помилки і стохастичного градієнтного спуску з попередньою сегментацією тренувальної вибірки та застосування трансферного навчання для категоризації хвороб на медичних зображеннях. Для реалізації поставлених завдань обрані сучасні інформаційні технології. В роботі науково узагальнені і систематизовані підходи за допомогою яких можливо проводити ідентифікацію аномалій на рентгенограмах, визначені їх переваги та недоліки. Розроблена нова нейронна модель зі застосуванням сучасних методів Deep Learning, яка включає в себе сукупність методів доповнення, попередньої сегментації і класифікації медичних зображень. НМ сканує рентгенографію грудної клітини і класифікує зображення, до класу «Здоровий» чи «Пневмонія». Обґрунтовані отримані результати, зроблені висновки щодо ефективності НМ. В результаті дослідження була створена НМ, яка дозволяє в автоматичному режимі класифікувати легені на здорові та хворі (вірусну або бактеріальну пневмонію). Розроблена архітектура інтелектуальної системи має можливість розпізнавати аномалії в СХР на рівні лікарів та рентгенологів й використовує середовище глибинного навчання. Отримані результати можуть показати, що застосування глибоких CNN для вирішення проблеми з рентгенологічними захворюваннями грудної клітини є

багатообіцяючим способом, який дозволяє правильно класифікувати подібні або збиваючи з пантелику захворювання з хорошим рівнем розпізнавання.

Ключові слова: *глибоке навчання; згорткова нейронна мережа; методи розпізнавання образів; попередня обробка даних; рентгенограма; трансферне навчання*

Вступ. Завдяки моделі виявлення патологічної структури нейронної мережі (НМ) можна прискорити процес діагностики захворювання, а також зменшити кількість помилок і повторних обстежень деяких пацієнтів. Штучні нейронні мережі, натхненні біологічними нервовими системами, є поширеним прикладом машинного навчання. Будь-який алгоритм можна використовувати, щоб навчитися розв’язувати різноманітні задачі.

Наразі актуальною є проблема зростання хворих на коронавірусну хворобу (COVID-19) із важким перебігом. Ускладненням цієї хвороби може бути пневмонія, яка є однією з провідних причин смерті серед дітей та людей похилого віку у всьому світі. Хвороба не відступає та заражає все більше людей, частина яких не може потрапити своєчасно у лікарні через їх заповненість. Зараз існує перенавантаження медичної системи, яка може в деяких випадках невірно визначати діагнози.

Мета роботи полягає в створенні нової математичної моделі діагностики захворювань легень з використанням рентгенівських знімків за допомогою нейронної мережі з залученням методу глибокого навчання для підвищення якості класифікації рентгенологічних синдромів шляхом створення методів і алгоритмів для автоматизованої ідентифікації пошкоджених структур на рентгенограмах грудної клітини. Лікаря-рентгенологу, як правило, доводиться переглядати велику кількість знімків, якість яких не завжди задовільно, а розмір порівняно малий. Тому доцільно для скринінгової діагностики патологічних структур на рентгенівських знімках або для автоматизації робочого місця лікаря-рентгенолога використовувати комп’ютерні системи аналізу і обробки зображень.

В роботі науково узагальнені і систематизовані підходи за допомогою яких можливо проводити ідентифікацію аномалій на рентгенограмах, визначені їх переваги та недоліки. Розроблена нова нейронна модель зі застосуванням сучасних методів Deep Learning, яка включає в себе сукупність методів доповнення, попередньої сегментації і класифікації медичних зображень. НМ сканує рентгенографію грудної клітини і класифікує зображення, до класу «Здоровий» чи «Пневмонія». Обґрунтовані отримані результати, зроблені висновки щодо ефективності НМ.

За основу моделі обраний алгоритм глибокого навчання CNN, який може приймати вхідне зображення, присвоювати важливість (навчальні ваги та ухили) різним аспектам / об’єктам на зображенні та мати можливість відрізнити один від іншого. Попередня обробка, необхідна для роботи мережі значно нижча порівняно з іншими алгоритмами класифікації. Параметри навчання мережі CNN представлені в таблиці 1. (BN – нормалізація, FC – повнозв’язний шар)

Таблиця 1 – Параметри навчання мережі CNN

Шар	Опис	Значення
1	2	3
Вхідний шар	Вхідне зображення	32 × 32 × 1 зображення з нормалізацією «zerocenter»
Прихований шар 1	Conv1 + BN + ReLu	16 карт з характеристиками розміром 10 × 10

Продовження таблиці 1

1	2	3
Прихований шар 2	Conv2 + BN + ReLu	32 карти характеристик розміром 10×10
Прихований шар 3	Conv3 + BN + ReLu	64 карти характеристик розміром 10×10
Класифікаційний шар	FC	2 повністю пов'язаних шару
	SoftMax	2 одиниці

На рисунку 1 представлена архітектура CNN.

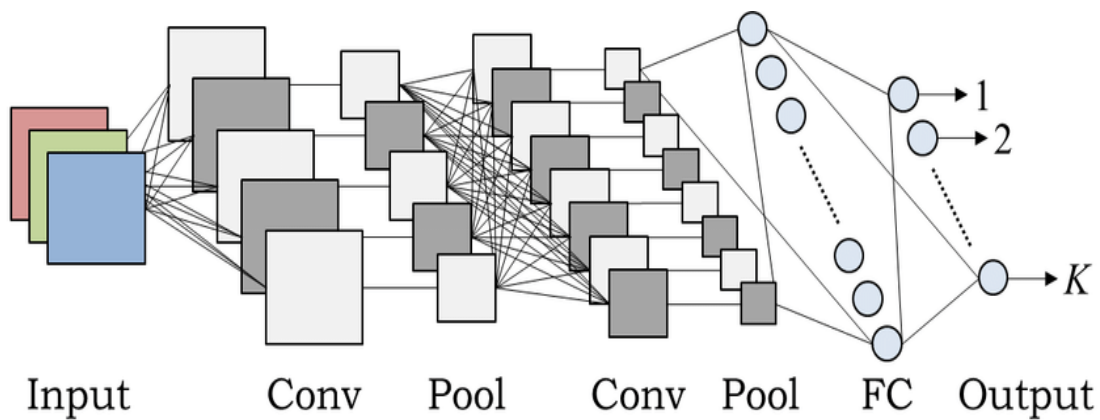


Рисунок 1 – Архітектура CNN

Основною задачею використання НМ є обробка зображення НМ для визначення до якого класу належить вхідна рентгенограма; Щоб показати внутрішні деталі класифікатора і описати об'єкти і ролі, які працюють разом, застосовується діаграма композитної структури. На рисунку 2 представлена діаграма композитної структури НМ.

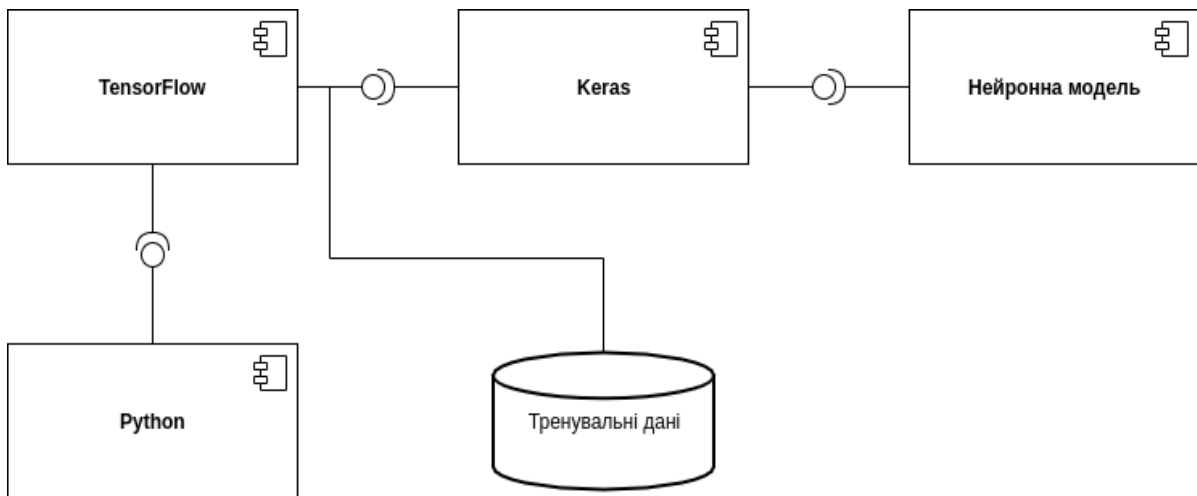


Рисунок 2 – Діаграма композитної структури НМ

Інформаційні технології

Частина «Python» – створює граф потоку даних, коли потрібно приймати певні вхідні дані, застосовувати певні операції, надавати результати в якості вхідних даних для інших операцій. Частина «TensorFlow» – надає високорівневе і низькорівневе API для створення моделі НМ, взаємодіє з БД, яка містить в собі тренувальний набір даних. Частина «Тренувальні дані» – містить набір даних за допомогою яких НМ, має змогу навчитися бінарній класифікації об'єктів. Частина «Keras» – надає високорівневе API, безпосередньо взаємодіє з GPU та CPU. Частина «Нейронна модель» – підсумковий результат навчання, який є результатом взаємодії усіх інтерфейсів частин.

Для розробки НМ були створені дві ВМ Python зі своїм оточенням. На першій ВМ були розгорнені наступний технологічний стек: Python3, TensorFlow, Keras. На другій ВМ були розгорнені: Python3, Flask, Jinja.

Опис експериментів. Метою проведення експерименту є визначення до якого класу належить вхідне зображення. Існують два класи зображень: нормальний – рентгенограма здорової людини, та пневмонія – рентгенограма з ознаками бактеріальної чи вірусної пневмонії. Модель нейронної мережі має віднести зображення до того чи іншого класу. Експеримент поділяється на три етапи, на кожному етапі змінюються параметри НМ, для того щоб визначити з якими параметрами розроблена НМ є найбільш ефективною. Навчання моделі проходить за допомогою трьох навчальних наборів даних: навчального, тренувального та валідаційного. Для кожного набору даних створені каталоги в яких зображення поділені на дві категорії «Normal» і «Pneumonia».

Порівняльна характеристика мереж з трьох експериментів представлена у таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика експериментів

	Експеримент 1	Експеримент 2	Експеримент 3
Час навчання (с)	1539	1268	3420
Валідаційна точність	0.9634	0.9440	0.9375
Валідаційна втрата	0.0721	0.1397	0.4679
Кількість епох	20	20	20
Кількість ітерацій	200	200	200

Аналізуючи таблицю 2 можна зробити наступні висновки, найбільш ефективна нейронна мережа – мережа з першого експерименту, яка використовує штучне збільшення даних та не використовує трансферне навчання. Вона має найбільшу валідаційну точність – 0.9634, та втрату 0.0721. Час навчання більший ніж у другому експерименті на 271 секунду, але це компенсується більш точним навчанням НМ.

Для кращої оцінки моделі з першого експерименту були побудовані графіки функції точності та функції втрат. Графік залежності точності валідаційного набору від кількості епох зображено на рисунку 3.

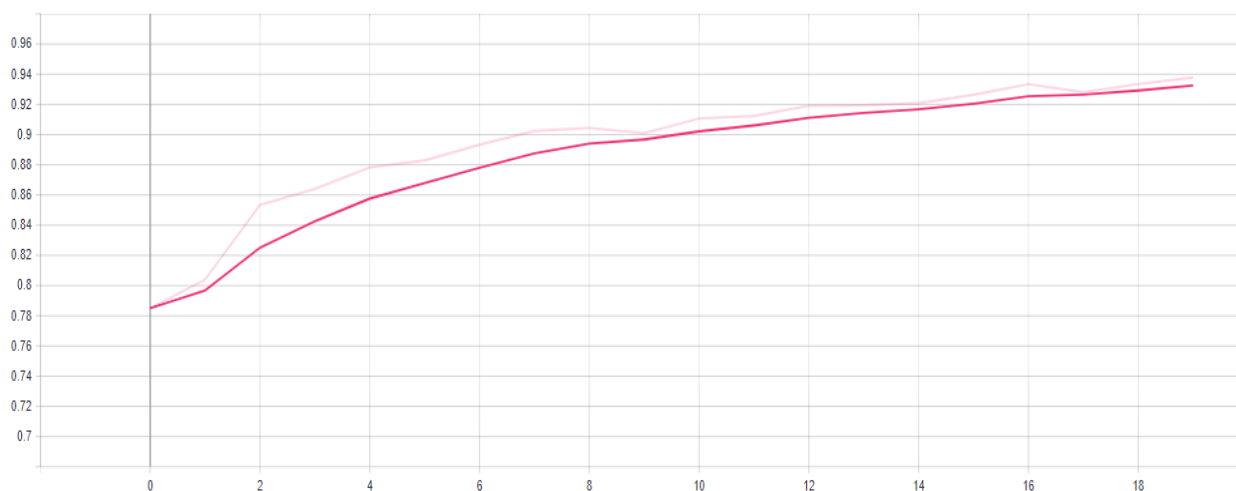


Рисунок 3 – Функція точності валідаційного набору даних

Аналізуючи графік функції точності, можна зробити висновок, що з кожною епохою точність збільшується, що говорить про правильне тренування НМ. Але щоб оцінити продуктивність НМ, треба дивитися на інші параметри.

Чим менше втрати, тим краще робота класифікатора при моделюванні взаємозв'язку між вхідними даними і вихідними цілями. Графік функції втрати валідаційного набору даних зображена на рисунку 4, що показує залежність функції втрати від кількості епох. Аналізуючи цей графік, функція втрати з кожною епохою поступово зменшується і немає різких стрибків значень, тому можна зробити висновок, що НМ навчена правильно.

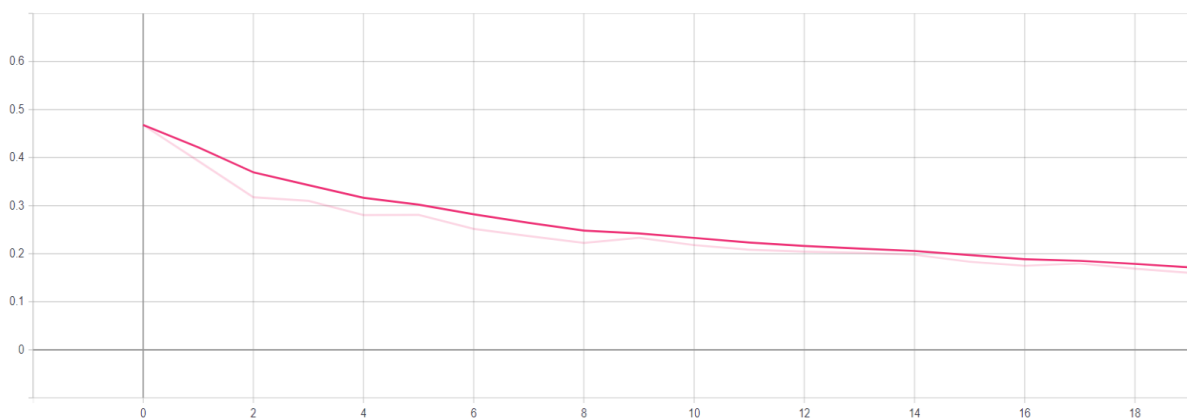


Рисунок 4 – Функція втрати валідаційного набору даних

Порівняльна характеристика розробленої моделі з існуючою моделлю виявлення аномалій на рентгенівських знімках представлена на рисунку 5.

Параметри	Існуюча модель	Розроблена модель
Точність	92,4	96,34
Максимальна кількість ітерацій	40000	4000
Час навчання	2500	1539
Кількість зображень для тренування	123123	5000
Функція активації	Relu	Relu
Вихідна функція	Softmax	Sigmoid
Форма вводу	32x32x1	64x64x3
Функція нормалізації	Zerocenter	Min max

Рисунок 5 – Порівняльна характеристика розробленої моделі з існуючою моделі

В результаті були розроблені методи та підходи для розв'язання проблеми виявлення відхилень на CXR, які дозволяють розробити ефективну архітектуру НМ й підвищити точність розпізнавання патологічних структур на рентгенограмах. В результаті проведення досліджень були виявлені ефективні методи попередньої обробки даних, зроблено математичне моделювання НМ, спроектовано архітектуру НМ, розроблена нова нейронна модель з використанням методів глибокого навчання, проведені експериментальні дослідження, зроблені висновки щодо якості класифікацій рентгенологічних.

Список використаних джерел:

1. Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine [Electronic resource] / *T Ching [et al.]* // Journal of The Royal Society Interface. – Vol. 15, N 144. – P. [1–47]. – Mode of access: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsif.2017.0387>
2. *Rabich, G.* Deep Convolutional Neural Networks for Chest Diseases Detection [Electronic resource] / *G. Rabich, Mohammad Khaleel Sallam Ma'aitah* // Journal of Healthcare Engineering. – 2018. – Vol. 2018. – Article ID 4168538. – P. 1–11. – Mode of access: <https://doi.org/10.1155/2018/4168538>
3. *Wijnhoven, R. G. J.* Fast Training of Object Detection using Stochastic Gradient Descent [Electronic resource] / *R. G. J. Wijnhoven, P. H. N. de With* // Proceedings of the 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR) (Istanbul, 23–26 August 2010 y.). – [S. l.], 2016. – P. 424–427. – Mode of access: <https://pure.tue.nl/ws/files/3063110/Metis242339.pdf>
4. *Pattrapisetwong, P.* Automatic lung segmentation in chest radiographs using shadow filter and local thresholding [Electronic resource] / *P. Pattrapisetwong, W. Chiracharit* // 2016 IEEE Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB) (Chiang Mai, 5–7 October 2016 y.). – [S. l.], 2016. – P. 1–6. – Mode of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7758113>

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕГКИХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

В статье рассматриваются проблемы и методы машинной классификации и распознавания рентгеновских снимков (СХР), а также вопросы усовершенствования искусственных НМ, которые используются для повышения качества классификации рентгенологических синдромов. Установлено, что современные методы обнаружения заболеваний в СХР имеют сложности с недостаточным количеством учебных данных, стандартизацию изображений и предварительную сегментацию учебного набора. Сформированы конкретные средства решения описанных проблем, с которыми сталкиваются НМ при анализе данных. В качестве решения предложено использование методов глубокого обучения, а именно сверточной НМ на основе обратного распространения ошибки и стохастического градиентного спуска с предварительной сегментацией тренировочной выборки и применения трансферного обучения для категоризации болезней на медицинских изображениях. Для реализации поставленных задач выбраны современные информационные технологии. В работе научно обобщены и систематизированы подходы, с помощью которых возможно проводить идентификацию аномалий на рентгенограммах, определены их преимущества и недостатки. Разработана новая нейронная модель с применением современных методов Deep Learning, включающая в себя совокупность методов дополнения, предварительной сегментации и классификации медицинских изображений. НМ сканирует рентгенографию грудной клетки и классифицирует изображение в класс «Здоровый» или «Пневмония». Обоснованы полученные результаты, сделаны выводы по эффективности НМ. В результате исследования была создана НМ, позволяющая в автоматическом режиме классифицировать легкие на здоровые и больные (вирусную или бактериальную пневмонию). Разработанная архитектура интеллектуальной системы может распознавать аномалии в СХР на уровне врачей и рентгенологов и использует среду глубокого обучения. Полученные результаты могут показать, что применение глубоких CNN для решения проблемы с рентгенологическими заболеваниями грудной клетки является многообещающим способом, позволяющим правильно классифицировать подобные заболевания с хорошим уровнем распознавания.

Ключевые слова: *глубокое обучение; сверточная нейронная сеть; методы распознавания образов; предварительная обработка данных; рентгенограмма; трансферное обучение.*

Levytska T. O., Bilenko A. P.

INTELLECTUAL SYSTEM FOR DETECTING ANOMALIES IN X-RAY IMAGES USING DEEP LEARNIG METHODS

Models for identifying pathological structures using neural networks (NN) can accelerate the process of diagnosing diseases and reduce the proportion of errors and re-examination of patients. The article discusses the problems and methods of machine classification and recognition of X-ray images (СХР), as well as the improvement of artificial NM, which are used to improve the quality of classification of radiological syndromes. It is established that modern methods of detecting diseases in СХР have difficulties with insufficient amount of training data, standardization of images and preliminary segmentation of the training set. Specific means of solving the described problems faced by NM in data analysis have been formed. As a solution, the use of deep learning methods is proposed,

namely convolutional NM based on error back propagation and stochastic gradient descent with preliminary segmentation of the training sample and the use of transfer learning to categorize diseases in medical images. Modern information technologies have been selected to implement the tasks set. The work scientifically summarizes and systematizes the approaches by which it is possible to identify anomalies on radiographs, their advantages and disadvantages are determined. A new neural model has been developed using modern Deep Learning methods, which includes a set of methods for supplementing, pre-segmentation and classification of medical images. NM scans the chest X-ray and classifies the image into the "Healthy" or "Pneumonia" class. The results obtained are substantiated, conclusions are drawn on the effectiveness of NM. As a result of the study, an NM was created that allows automatically classifying the lungs into healthy and sick (viral or bacterial pneumonia). The developed architecture of the intelligent system can recognize anomalies in the CXR at the level of doctors and radiologists and uses a deep learning environment. The results obtained may show that the use of deep CNNs to solve the problem of chest X-ray diseases is a promising way to correctly classify similar or confusing diseases with a good level of recognition.

Keywords: *deep learning; convolutional neural network; pattern recognition.*

Стаття надійшла 09.06.2021 р.

УДК 004.93

doi.org/10.31498/2522-9990242021267124

Левицька Т. О., Сіромаха А. Г.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ІНКЛЮЗИВНОЇ ОСВІТИ ДІТЕЙ З АУТИЗМОМ В ДОШКІЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Дана стаття присвячена розробці автоматизованої інформаційної системи організації інклюзивної освіти, що пропонує набір основних послуг поряд з унікальними демонстраційними програмами, задовольняючи клінічні, навчальні та дослідницькі потреби дітей з розладом аутистичного спектру, їх сімей та фахівців. Проблема поширення інклюзивної освіти для дітей з розладом аутистичного спектру актуальна у наш час, особливо у нашій країні, де існують проблеми із даним напрямком та відсутні програми для підтримки розвитку дітей з аутизмом. Актуальним питанням в наш час є розробка веб-орієнтованої системи, яка дозволяє її користувачам із легкістю комунікувати між собою та досягати поставленої мети у вигляді створення програм розвитку та включення дітей з аутизмом у навчальний процес. Завданням роботи є автоматизація діяльності підприємства підтримки освіти, а саме закладів дошкільної освіти. Система зосереджена на поширенні спільноти і реалізації програм втручання і професійного розвитку, присвячених поліпшенню якості життя людей із розладом аутистичного спектру. Об'єктом дослідження є діяльність щодо спрощення реалізації обліку дітей із розладом у розвитку аутистичного спектру та спрощення навчання у дошкільних закладах. Веб-сайт складається із 7 контентних сторінок, а саме: «Головна», «Новини», «Поради та рекомендації», «Проекти», «Про нас», «Про аутизм», «Контакти», сторінок конкретної новини/ рекомендації/ проекту, а також реєстрації та особистого кабінету користувача. Основні контентні сторінки містять інформацію про проект із слоганом «Do it together!», дітей із особливими потребами, новинами та порадами сім'ям таких дітей.

В результаті була розроблена автоматизована інформаційна система, що дозволяє полегшити умови комунікації спеціалістів, що працюють із дітьми з аутизмом та їх батьків. Новизна розробленої системи в тому, що вона, враховуючи недоліки існуючих