



# INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS



**№2 (5) 2024**

Natural Sciences and  
Technologies series





# **INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS**

## **Natural Sciences and Technologies series**

*Has been published since 2020*

**№2 (5) 2024**

Astana

---

## INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS. NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES SERIES ЖУРНАЛЫНЫҢ РЕДАКЦИЯСЫ

### БАС РЕДАКТОР

**Қалимолдаев Мақсат Нұрадилович**, техникалық ғылымдар докторы, ҚР ҰҒА академигі, профессор, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты бас директорының кеңесшісі, бас ғылыми қызметкері (Қазақстан)

### БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ

**Мырзағалиева Анар Базаровна**, биология ғылымдарының докторы, профессор, бірінші вице-президент, Астана халықаралық университеті (Қазақстан);

### РЕДАКТОРЛАР:

- **Сейтқан Айнур Сейтқанқызы**, техника ғылымдарының кандидаты, PhD, жаратылыстану ғылымдары жоғары мектебінің деканы, Астана халықаралық университеті (Қазақстан);

- **Муканова Асель Сериковна**, PhD, Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебінің деканы, Астана халықаралық университеті (Қазақстан);

- **Абдилдаева Асель Асылбековна**, PhD, қауымдастырылған профессор, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Қазақстан);

- **Хлахула Иржи** PhD, профессор, Познаньдағы Адам Мицкевич атындағы университет (Польша);

- **Редферн Саймон А.Т.**, PhD, профессор, Наньян технологиялық университеті (Сингапур);

- **Сяoley Фенг**, PhD, Наньян технологиялық университеті (Сингапур);

- **Шуджаул Мулк Хан**, PhD, профессор, Каид-және-Азам университеті (Пакистан);

- **Базарнова Наталья Григорьевна**, химия ғылымдарының докторы, профессор, Химия және химиялық-фармацевтикалық технологиялар институты (Ресей);

- **Черёмушкина Вера Алексеевна**, биология ғылымдарының докторы, профессор, РҒА СБ Орталық Сібір ботаникалық бағы (Ресей);

- **Тасболатұлы Нұрболат**, PhD, Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебі деканының орынбасары, Астана халықаралық университеті (Қазақстан);

- **Байшоланов Сакен Советович**, география ғылымдарының кандидаты, доцент, Астана халықаралық университеті (Қазақстан);

- **Нуркенов Серик Амангельдинович**, PhD, қауымдастырылған профессор, Астана халықаралық университеті (Қазақстан).

---

**РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS.  
NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES SERIES**

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

**Калимолдаев Максат Нурадилович**, доктор технических наук, академик НАН РК, профессор, ГНС, советник генерального директора Института информационных и вычислительных технологии КН МНВО РК (*Казахстан*)

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА**

**Мырзагалиева Анар Базаровна**, доктор биологических наук, профессор, первый вице-президент, Международный университет Астана (*Казахстан*)

**РЕДАКТОРЫ:**

- **Сейткан Айнур Сейтканкызы**, кандидат технических наук, PhD, декан высшей школы естественных наук, Международный университет Астана (*Казахстан*);

- **Муканова Асель Сериковна**, PhD, декан Высшей школы информационных технологии и инженерии, Международный университет Астана (*Казахстан*);

- **Абдилдаева Асель Асылбековна**, PhD, ассоциированный профессор, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби (*Казахстан*);

- **Хлахула Иржи** PhD, профессор, Университет имени Адама Мицкевича в Познани (*Польша*);

- **Редферн Саймон А.Т.**, PhD, профессор, Наньянский технологический университет (*Сингапур*);

- **Фенг Сяoley**, PhD, Наньянский технологический университет (*Сингапур*);

- **Шуджаул Мулк Хан**, PhD, профессор, Университет Каид-и Азама (*Пакистан*);

- **Базарнова Наталья Григорьевна**, доктор химических наук, профессор, Институт химии и химико-фармацевтических технологий (*Россия*);

- **Черёмушкина Вера Алексеевна**, доктор биологических наук, профессор, Центральный Сибирский Ботанический сад СО РАН (*Россия*);

- **Тасболатұлы Нұрболат**, PhD, заместитель декана Высшей школы информационных технологии и инженерии, Международный университет Астана (*Казахстан*);

- **Байшоланов Сакен Советович**, кандидат географических наук, доцент, Международный университет Астана (*Казахстан*);

- **Нуркенов Серик Амангельдинович**, PhD, ассоциированный профессор, Международный университет Астана (*Казахстан*);

---

**EDITORIAL TEAM OF THE JOURNAL INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS.  
NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES SERIES**

**CHIEF EDITOR**

**Maksat Kalimoldayev**, Doctor of Technical Sciences, Academician of NAS RK, Professor, SRF, CEO's councilor «The Institute of Information and Computational Technologies» CS MSHE RK (Kazakhstan)

**DEPUTY CHIEF EDITOR**

**Anar Myrzagaliyeva**, Doctor of Biological Sciences, Professor, First Vice-President, Astana International University (Kazakhstan)

**EDITORS:**

- **Ainur Seitkan**, Candidate of Technical Sciences, PhD, Dean of the Higher School of Natural Sciences, Astana International University (Kazakhstan);
- **Assel Mukanova**, PhD, Dean of the Higher School of Information Technology and Engineering, Astana International University (Kazakhstan);
- **Assel Abdildayeva**, PhD, Associate Professor, of the Department of Artificial Intelligence and Big Data, Al-Farabi Kazakh National University (Kazakhstan);
- **Jiri Chlachula**, PhD, Dr.Hab., Full Professor, Adam Mickiewicz University, Poznań (Poland);
- **Simon A.T. Redfern**, PhD, Professor, Nanyang Technological University (Singapore);
- **Xiaolei Feng**, PhD, Nanyang Technological University (Singapore);
- **Khan Shujaul Mulk**, PhD, Professor, Quaid-i-Azam University (Pakistan);
- **Natal'ya Bazarnova**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Institute of Chemistry and Chemical-Pharmaceutical Technologies (Russia);
- **Vera Cheryomushkina**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Central Siberian Botanical Garden SB RAS (Russia);
- **Nurbolat Tasbolatuly**, PhD, Deputy Dean of the Higher School of Information Technology and Engineering, Astana International University (Kazakhstan);
- **Saken Baisholanov**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Astana International University (Kazakhstan);
- **Serik Nurkenov**, PhD, Associate Professor, Astana International University (Kazakhstan).

Editorial address: 8, Kabanbay Batyr avenue, of.316, Nur-Sultan,

Kazakhstan, 010000

Tel.: (7172) 24-18-52 (ext. 316)

E-mail: [natural-sciences@aiu.kz](mailto:natural-sciences@aiu.kz)

**International Science Reviews NST - 76153**

**International Science Reviews**

Natural Sciences and Technologies series

Owner: Astana International University

Periodicity: quarterly

Circulation: 500 copies

## CONTENT

1. <b>С.А.Жанабаева</b> ТРЕБОВАНИЯ К СОВРЕМЕННОМУ УРОКУ ГЕОГРАФИИ.....	7
2. <b>А.Ж.Жанибеков, Е.Н Сагатбаев</b> ГЕОГРАФИЯНЫ ОҚЫТУДАҒЫ ОЙЫН ТЕХНОЛОГИЯЛАР: ТҮРЛІГІ, ИНТЕРАКТИВТІЛІКІ ЖӘНЕ БІЛІМ БЕРУДЕГІ ПАЙДАСЫ.....	12
3. <b>Ж.А. Адамжанова, Н. С, Ауезова, Д.Е.Төлепберген</b> СТЕВИЯ ӨСІМДІГІНІҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ КАЛУСТАН ӨСІРУ ЖОЛДАРЫ .....	23
4. <b>Б.Н. Бекмаханбет, Д.А. Нургалиева</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕСТОВ И ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ УРОКОВ ПО ХИМИИ .....	30
5. <b>Ш.Қ.Кәрім, А.С.Сейтқан</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА В УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЯХ МЕЖДУНАРОДНОГО УНИВЕРСИТЕТА АСТАНА .....	37
6. <b>Н. Досанов, А.Ерланұлы, Е.Алданов</b> БАЙЕСОВСКАЯ ПАРАДИГМА В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ .....	46
7. <b>А.Д.Тишбаева, Л.Т.Кусепова, Е.К.Қайұпов, М.Ж.Қалдарова, А.Е.Назырова</b> LXD ЖӘНЕ ОНЫ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ВИРТУАЛДАНДЫРУДА ҚОЛДАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ .....	54
8. <b>Ж.Т.Абдуллаева, Д.Е.Жеңіс</b> МАППИНГ БОЛЬШИХ ДАННЫХ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ В 2024 ГОДУ .....	63
9. <b>Ж.Б.Семейхан, М.Ж.Қалдарова, А.Е.Назырова, Л.Т.Кусепова</b> МЕХАНИЗМ ОБЪЕДИНЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ МЕТОДЕ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	67
10. <b>Shalbai T., Kaldarova M., Nazyrova A., Sultangaziyeva A., Kussepova L.</b> RECONSTRUCTION OF GEOMETRIC MODELS OF OBJECTS FROM SATELLITE IMAGES BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS .....	77
11. <b>Е.А. Жумағалиев, Л.Т.Кусепова, Е.К.Қайұпов, А.Е.Назырова, М.Ж.Қалдарова</b> DOCKER ЗАМАНАУИ ҚОЛДАНБАЛАРДЫ ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОРНАЛАСТЫРУ ТӘСІЛДЕРІ .....	87

## МЕХАНИЗМ ОБЪЕДИНЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ МЕТОДЕ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Семейхан Ж.Б., Қалдарова М.Ж., Назырова А.Е., Кусепова Л.Т.

Международный университет Астана  
kmiraj82@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе представлен обзор современных исследований в области компьютерного зрения и анализа спутниковых изображений. Основное внимание уделено методам извлечения зданий и дорог, распознавания лиц, а также классификации текстур и материалов с использованием глубоких нейронных сетей. Обзор включает ключевые работы, такие как вызов Deep Globe для обработки спутниковых изображений, многофункциональные сети для извлечения зданий, каскадные сверточные сети для распознавания лиц и методы оптимизации моделей глубокого обучения. Рассматриваются как традиционные подходы, так и современные алгоритмы машинного обучения, демонстрирующие высокую эффективность и точность. Исследования показывают значительный прогресс в разработке эффективных и масштабируемых алгоритмов, открывающих новые возможности для применения в различных областях науки и техники.

**Ключевые слова:** сегментация изображений, объединение данных, глубокое обучение, СНС (сверточные нейронные сети), дистанционное зондирование, оптимизация моделей

### ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии дистанционного зондирования и анализа изображений играют важную роль в различных областях науки и техники. С развитием методов глубокого обучения и компьютерного зрения стало возможным существенно повысить точность и эффективность обработки и анализа изображений. Спутниковые и аэрофотоснимки, предоставляющие высокоразрешенные данные, используются для решения широкого спектра задач, включая картографирование, мониторинг окружающей среды, городское планирование и многое другое.

Одной из ключевых задач анализа изображений является автоматическое извлечение объектов, таких как здания и дороги, что критично для создания и обновления географических информационных систем (ГИС). В последние годы методы на основе сверточных нейронных сетей (СНС) продемонстрировали выдающиеся результаты в данной области. Однако, несмотря на успехи, остаются проблемы, связанные с

---

точностью, скоростью и устойчивостью этих методов к изменению условий съемки и различных помех.

Распознавание лиц и классификация текстур и материалов также являются важными задачами в компьютерном зрении. Распознавание лиц находит применение в системах безопасности, биометрии и развлекательных приложениях. Классификация текстур и материалов важна для автоматизации процессов в промышленности и для анализа различных природных и искусственных объектов.

Цель данного обзора – рассмотреть современные достижения в области анализа спутниковых и аэрофотоснимков, а также методов распознавания лиц и классификации текстур, основанных на глубоких нейронных сетях. Рассматриваются как традиционные подходы, так и новейшие алгоритмы, которые позволили значительно улучшить качество и эффективность решения этих задач.

#### *Литературный обзор*

Глубокое обучение в области дистанционного зондирования. Несколько исследований продемонстрировали применение методов глубокого обучения для анализа Земли с помощью спутниковых изображений. Demir и др. [1] и Singh P.P. и др. [7] исследовали использование СНС для определения местоположения дорог и анализа земли с помощью спутниковых изображений, демонстрируя их эффективность в задачах дистанционного зондирования. Аналогичные достижения можно увидеть в работе Li L. и соавторов [2], которые разработали сеть повторного использования множества функций для улучшения извлечения информации о зданиях из изображений дистанционного зондирования. Более того, Mokhtarzade M. [8] использовали искусственные нейронные сети для обнаружения дорог, что указывает на растущую сложность и полезность нейронных сетей в геопространственном анализе.

Исследования в области распознавания лиц значительно улучшились благодаря глубокому обучению. Автор [16] рассказал о важности функций потери данных при распознавании лиц, повышающих производительность нейронных сетей. К числу примечательных разработок относятся работы [3,5], которые использовали каскадные сверточные нейронные сети для надежного распознавания лиц и выравнивания параметров, повышая точность и надежность систем распознавания лиц в различных условиях.

Глубокое обучение также помогло в идентификации и классификации материалов. Авторы [11,13] представили фреймворки для распознавания материалов в неконтролируемых средах с использованием контекстно-зависимых баз данных и функций, основанных на восприятии,

---

соответственно. Этот сектор расширился до классификации текстур, где ученые [12] представили глубокую сверточную сеть, ограниченную локальностью и разреженностью, для повышения точности классификации текстур. Эффективность сетей глубокого обучения была важнейшей областью исследований, о чем свидетельствуют работы [10], которые проанализировали технологии сокращения и ускорения в СНС. Это имеет решающее значение для внедрения этих технологий в приложениях реального времени, где вычислительные ресурсы и время отклика ограничены. Выводы Исследование показывает значительную тенденцию к использованию глубокого обучения для решения сложных задач обработки изображений в различных областях, включая дистанционное зондирование, распознавание лиц и классификацию материалов. Каждое исследование способствует более широкому пониманию того, как глубокое обучение может быть оптимизировано и применено к конкретным задачам реального мира, подчеркивая адаптивность и расширяющиеся возможности этих технологий.

## МЕТОДЫ И МЕТОДОЛОГИИ

Для дистанционного зондирования, распознавания лиц и классификации материалов необходимо собрать соответствующие датасеты, которые могут включать как открытые, так и специализированные данные, например, спутниковые снимки, изображения лиц и текстуры материалов. Предварительная обработка этих данных будет включать нормализацию и увеличение данных для улучшения обобщающей способности моделей.

Основой для анализа будут сверточные нейронные сети (CNN). В зависимости от специфики задачи можно использовать различные архитектуры, такие как ResNet или DenseNet. Также полезным окажется применение переноса обучения, когда предварительно обученные на больших датасетах сети адаптируются под конкретные задачи, что ускоряет и улучшает обучение.

Обучение модели потребует тщательной настройки гиперпараметров, таких как скорость обучения и количество эпох. Для предотвращения переобучения будут использованы методы регуляризации, такие как dropout и batch normalization. С углублением уровней CNN возникает новая проблема. А именно, информация во входном слое будет постепенно исчезать, когда достигнет конца сети в значительной степени. Поэтому для решения этой проблемы были предложены стохастическая глубина и фрактальные сети [12]. У них есть общая черта: все они создают короткие пути от начального уровня к последующему. Поскольку в этой сети обычно много

плотных связей, структуры такой сети в совокупности называются плотной сетью, а ее структурная схема показана на рисунке 1.

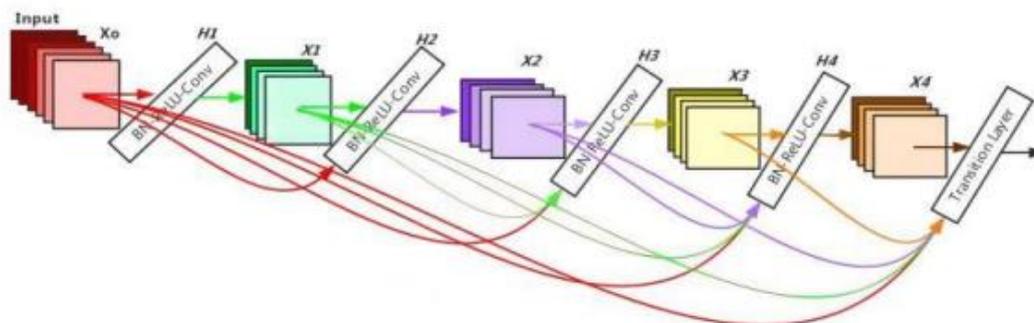


Рисунок 1. Принципиальная схема полносвязной структуры

Валидация и тестирование модели включают использование кросс-валидации, например, методом K-fold, для обеспечения стабильности и надежности результатов. Эффективность модели будет оцениваться с помощью таких метрик, как точность, полнота и F1-мера.

Для интерпретации результатов используются техники визуализации, такие как тепловые карты активации, чтобы понять, как модель обрабатывает данные. Также будет проведен анализ ошибок, что поможет в дальнейшем улучшении модели.

Важной частью исследования является учет этических соображений, таких как конфиденциальность данных и обеспечение справедливости моделей, чтобы они не усиливали существующие предвзятости или дискриминацию.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 3.1 Экспериментальная среда

Эксперименты проводились на платформе Google Cloud Disk с использованием среды выполнения Google Colab. Настройки GPU: высокая память; версия Keras: 2.3; версия TensorFlow: 2.0; версия OpenCV: 4.9.0; браузер: Firefox Viewer.

### 3.2 Датасеты и модели обучения

Для экспериментов использовались данные из соревнования AI классификации и идентификации CCF спутниковых изображений. Данные были получены с высокоразрешающих беспилотных летательных аппаратов, проводивших наблюдения в Средней Азии в 2019 году. Всего было 737 начальных обучающих образцов спутниковых изображений. Для обучения

моделей использовались сети U-Net и Dense-Net. Метод ранней остановки применялся для контроля процесса обучения: обучение останавливалось, если значение функции потерь не уменьшалось в течение 10 эпох, чтобы предотвратить переобучение. Оптимизатором служил Adam, начальная скорость обучения составляла 0.0001. Стратегия обучения заключалась в уменьшении скорости обучения в 2 раза, если значение потерь не уменьшалось в течение 3 эпох.

### 3.3 Оценочные метрики

В качестве оценочных метрик в эксперименте использовались IOU (Intersection over Union), Recall и функция потерь Dice Loss. IOU рассчитывается как пересечение "предсказанного значения" и "истинного значения" по объединению этих значений.

$$IoU = \frac{\text{Area of Intersection}}{\text{Area of Union}} \quad (1)$$

Recall (полнота) показывает, какую долю положительных примеров удалось правильно определить, и рассчитывается как:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

Precision (точность) показывает, какую долю предсказанных положительных примеров составляют действительно положительные, и рассчитывается как:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

F1-Score комбинирует Precision и Recall:

$$F_{score} = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

### 3.4 Результаты и анализ экспериментов

Чтобы подтвердить, что модуль Dense-Net улучшает производительность сети U-Net, было проведено несколько групп экспериментов. Сравнение показателей моделей приведено на рисунке 2

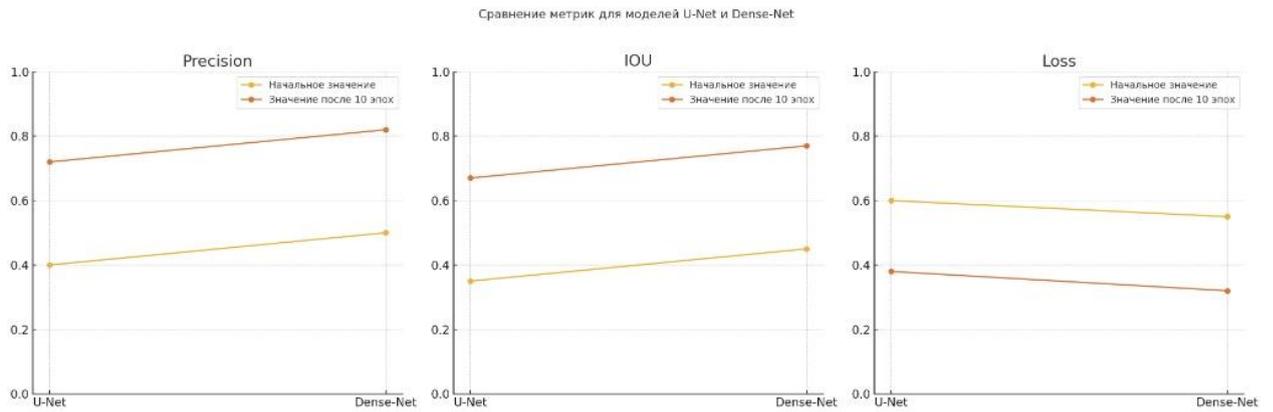


Рисунок 2. Сравнение модельных показателей

По сравнению с сетью U-Net, точность (Precision) улучшилась после добавления модуля Dense-Net. В сети U-Net минимальная точность составляла 0.4, в то время как в сети Dense-Net минимальная точность была 0.5. После добавления модуля Dense-Net точность увеличилась на 0.1 и стала более стабильной. Также значение IOU в сети Dense-Net стало более стабильным (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение моделей по метрикам

Модель/Метрика	Начальное значение	Значение после 10 эпох	Тренд
<b>U-Net</b>			
Precision	0.4	0.72	Увеличивается с каждой эпохой
IOU	0.35	0.67	Увеличивается с каждой эпохой
Loss	0.6	0.38	Уменьшается с каждой эпохой
<b>Dense-Net</b>			
Precision	0.5	0.82	Увеличивается с каждой эпохой
IOU	0.45	0.77	Увеличивается с каждой эпохой
Loss	0.55	0.32	Уменьшается с каждой эпохой

### 3.5 Сравнительный эксперимент и схема результатов

На таблице 2 приведено сравнение результатов экспериментов для моделей U-Net, PSP Net и Dense-Net. Колонка (а) представляет оригинальное

изображение; колонка (b) — результат работы U-Net; колонка (c) — результат PSP Net; колонка (d) — результат Dense-Net.

Таблица 2. Сравнение результатов экспериментов по моделям

Колонка	Описание	Результаты
(a)	Оригинальное изображение	Высококачественные спутниковые снимки, использованные для тестирования моделей.
(b)	Результаты работы модели U-Net	- Нестабильное качество сегментации.   - Проблемы с сегментацией мелких объектов.   - Явление зубчатых краев.   - Склонность к переобучению.
(c)	Результаты работы модели PSP Net	- Улучшенное качество по сравнению с U-Net.   - Менее зубчатые края.   - Неполная сегментация в некоторых областях.
(d)	Результаты работы модели Dense-Net	- Наилучшее качество сегментации.   - Четкие и ровные края.   - Полная сегментация без значительных пропусков.   - Высокая стабильность и производительность.

Наблюдая за экспериментальными результатами, можно заметить, что сегментация изображения сети U-Net нестабильна, особенно для очень маленьких объектов. В U-Net наблюдается явление зубчатых краев. PSP Net показывает лучшую сегментацию, но все еще не идеальную, в некоторых частях наблюдаются неполные сегменты. Dense-Net демонстрирует более стабильные результаты, с ровными и четкими краями и более полными изображениями после сегментации.

Таблица 3 показывает сравнение производительности трех моделей по показателям Recall, Dice Loss и F1.

Таблица 3. Сравнение производительности моделей

Модель	Recall	Dice Loss	miou	F1
U-Net	0.82142	0.79894	0.73481	0.79981
PSP Net	0.85011	0.80102	0.73341	0.79874
Dense-net	0.87023	0.84719	0.78461	0.83584

Dense-Net превосходит другие две модели по производительности, что может быть связано с его преимуществами: снижением феномена исчезновения градиента, улучшенным использованием функций и уменьшением количества параметров. Эффективность обработки сети

---

Dense-Net лучше, чем у других сетей, благодаря уменьшению вычислений на каждом уровне и повторному использованию функций.

### **ОБСУЖДЕНИЯ**

Результаты экспериментов показывают, что модели U-Net и Dense-Net демонстрируют значительное улучшение производительности после 10 эпох обучения. Модель U-Net, увеличившая Precision с 0.4 до 0.72 и IOU с 0.35 до 0.67, демонстрирует хорошую способность к обучению и улучшению качества сегментации. Снижение значения Loss с 0.6 до 0.38 указывает на уменьшение количества ошибок, что свидетельствует о правильной настройке гиперпараметров и эффективной обучаемости модели. Однако, несмотря на эти улучшения, U-Net всё же уступает по показателям модели Dense-Net, что подчеркивает важность выбора подходящей архитектуры для конкретной задачи.

Модель Dense-Net показала более высокие результаты по сравнению с U-Net, с Precision, увеличившимся с 0.5 до 0.82, и IOU, выросшим с 0.45 до 0.77. Эти улучшенные показатели указывают на более точное и стабильное распознавание объектов и сегментацию. Снижение Loss с 0.55 до 0.32 также демонстрирует, что модель Dense-Net менее подвержена ошибкам. Высокая производительность Dense-Net может быть объяснена её архитектурными особенностями, такими как плотные соединения и эффективное повторное использование признаков. В целом, результаты экспериментов подтверждают, что современные методы глубокого обучения, особенно такие как Dense-Net, обладают высоким потенциалом для решения задач сегментации изображений дистанционного зондирования.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной работе был проведен анализ производительности моделей U-Net и Dense-Net для задачи сегментации изображений дистанционного зондирования. Результаты экспериментов показали, что обе модели демонстрируют значительное улучшение метрик Precision, IOU и Loss после 10 эпох обучения, что свидетельствует о правильной настройке гиперпараметров и эффективном процессе обучения. Однако, модель Dense-Net продемонстрировала более высокие результаты по сравнению с U-Net, что подчеркивает её преимущества в контексте данной задачи.

Высокие показатели Precision и IOU, а также более низкое значение Loss у модели Dense-Net указывают на её способность более точно и стабильно сегментировать изображения. Это преимущество может быть связано с архитектурными особенностями Dense-Net, такими как плотные

соединения и улучшенное повторное использование признаков, что способствует лучшему обучению и общей производительности. Таким образом, использование современных методов глубокого обучения, таких как Dense-Net, открывает новые возможности для повышения точности и эффективности сегментации изображений дистанционного зондирования, что важно для различных практических приложений, включая картографирование, мониторинг окружающей среды и городское планирование.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР

1. Demir I., Koperski K., Lindenvaum D., et al. Deep Globe: A challenge to parse the earth through satellite images. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), Salt Lake City: IEEE, 2018, pp. 17201-17209.

2. Li L., Liang J., Weng M., et al. A multiple-feature reuse network to extract buildings from remote sensing imagery. Remote Sensing, 2018, vol. 10, no. 9, pp. 1350-1368.

3. Sun K., Li Q. M., Li D. Q. Face detection algorithm based on cascaded convolutional neural network. Journal of Nanjing University of Science and Technology, 2018, vol. 42, no. 1, pp. 40-47.

4. Wang F. Q., Zhang H. Z., Wang P., et al. Research progress of similarity learning methods in computer vision. Intelligent Computer and Applications, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 149-152, 158.

5. Zhang K. P., Zhang Z. P., Li Z. F., et al. Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks. IEEE Signal Processing Letters, 2016, vol. 23, no. 10, pp. 1499-1503.

6. Teow M. Y. W. A minimal convolutional neural network for handwritten digit recognition. IEEE International Conference on System Engineering and Technology, 2017, pp. 171-176.

7. Singh P.P., Garg R. D. Automatic road extraction from high resolution satellite image using adaptive global thresholding and morphological operations. Journal of The Indian Society of Remote Sensing, 2013, vol. 41, no. 3, pp. 631-640.

8. Mokhtarzade M., Zoj M. J. V. Road detection from high-resolution satellite images using artificial neural networks. International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation, 2007, vol. 9, no. 1, pp. 0-40.

9. Sun X., Lin X., Shen S., et al. High-resolution remote sensing data classification over urban areas using random forest ensemble and fully connected conditional random field. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2017, vol. 6, no. 8, pp. 245-271.

10. Yin W., Liang L. Y., Peng H. M., et al. Research progress of reduction and acceleration technology of convolutional neural network. *Computer Systems & Applications*, 2020, vol. 9, pp. 16-25.
11. Bell S., Upchurch P., Snavely N., et al. Material Recognition in the Wild with the Materials in Context Database. *The 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Boston, MA, USA, vol. 1, 2015, pp. 3479-3487.
12. Bu X. Y., Wu Y. W., Gao Z., et al. Deep convolutional network with locality and sparsity constraints for texture classification. *Pattern Recognition*, 2019, vol. 91, pp. 34-46.
13. Shanran L., Liu C., Rosenholtz R., et al. Recognizing materials using perceptually inspired features. *International Journal of Computer Vision*, 2013, vol. 103, no. 3, pp. 348-371.
14. Chen K. Q., Gao X., Yan M. L., et al. Pixel-level building extraction from aerial images based on codec network. *National Remote Sensing Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 9, pp. 1134-1142.
15. Shao Z. F., Tang P. H., Wang Z. Y., et al. BRRNet: A fully convolutional neural network for automatic building extraction from high-resolution remote sensing images. *Remote Sensing*, 2020, vol. 12, no. 6, p. 1050.
16. Zhao W. Z. Loss function in face recognition. *Electronic Technology & Software Engineering*, 2019, vol. 5, pp. 241-242.