

конференции. – Наманган, 2006. – С. 321-323.

2. Пирназарова Т., Исманова К. Система принятия решений в процессе подземного выщелачивания // Международная конференция по распространению упругих и упругопластических волн, посвященная столетию со дня рождения академика Х.А. Рахматулина: Тез. докл. – Бишкек: КГТУ, 2009. – С. 339-342.

3. Алимов И., Исманова К.Д. Физик-кимёвий диффузия масалаларини сонли ечиш учун чекли-айирмали схемаларни қўллаш // Геотехнология: XXI асрда ерости қориштиришда қўлланаётган инновацион усуллар: Материалы Республиканской научно-технической конференции с международным участием. – Москва – Навои, 2007. – С. 159.

4. Алимов И., Исманова К. Д. Перспективы развития метода подземного выщелачивания для разработки рудных месторождений // Горное, нефтяное, геоэкологическое образование в XXI веке: Тез.докл. II международной конференции. – Москва, 2007. – С. 200-202.

5. Исманова К.Д. Физик-кимёвий гидродинамика жараёнларини бошқаришнинг математик модели ва алгоритми // Информатика ва энергетика муаммолари. – Ташкент, 2007. – №3. – С. 26-36.

6. Жураев Т.М., Исманова К.Д. Модель и алгоритм трехмерной визуализации численных результатов для поддержки принятия технологических решений // Теория и практика современной науки. – 2016. – №. 4. – С. 269-273.

УДК 519.688

А.В. Мингалева, нач. сектора  
(АО «НПО ГИПО», г. Казань, Россия)

### **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЕШИФРИРОВАНИЯ СКАНЕРНЫХ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАДАННЫХ ТИПОВ ОБЪЕКТОВ**

Применение сканерных тепловизионных съемочных систем (сканерных ТПВ-систем) для авиационного мониторинга обширных территорий позволяет выполнять широкий спектр задач в лесном хозяйстве, задач, связанных с экологическим мониторингом и мониторингом стихийных бедствий. Ключевая особенность сканерных ТПВ-систем – высокая производительность съемки, влечет за собой необходимость обработки большого объема графической информации, превышающего объем графической информации, который оператор способен просматривать в реальном масштабе времени в процессе выполнения съемоч-

ных работ. Так за одну секунду необходимо дешифровать графический растр размером 22400 на 576 пикселей, что составляет порядка 37 изображений размером 608 на 576 пикселей. Внедрение высокоскоростных систем обработки графической информации, которые непосредственно в процессе съемки смогут выполнять обнаружение в автоматическом режиме объектов на изображениях, позволит повысить эффективность применения сканерных ТПВ-систем.

Для автоматического обнаружения заданных типов объектов на сканерных ТПВ-изображениях в режиме реального времени разработан программный комплекс, реализующий быстродействующие методы обработки графической информации на основе сверточных нейронных сетей (СНС). Разработанный программный комплекс позволяет выполнять дешифрирование графической информации, формируемой аппаратурой съемки, в режиме реального времени, непосредственно в процессе выполнения съемочных работ, включая:

- чтение сканерных ТПВ-изображений (далее – исходных снимков) из системы хранения, записываемых аппаратурой съемки в процессе выполнения съемочных работ;

- предварительную обработку исходных снимков, обеспечивающую устранение шумов, преобразование гистограммы, формирование изображений требуемого для загрузки на вход нейросетевых алгоритмов размера;

- обработку сформированных изображений с применением детектирующих нейросетевых алгоритмов, а также нейросетевых алгоритмов семантической сегментации с целью обнаружения и локализации областей на изображениях, близких по некоторым признакам к заданным типам объектов;

- формирование текстовых либо бинарных файлов с результатами выполнения дешифрирования графической информации с возможностью отображения на графическом мониторе следующих характеристик выделенных объектов: пиксельные координаты, размер, площадь, вероятность принадлежности к объектам заданных классов;

- обеспечение возможности оператору настройки режимов работы программного комплекса с применением элементов графического оконного интерфейса, включая выбор типов применяемых алгоритмов дешифрирования, выбор классов объектов заинтересованности, формат представления информации о результатах дешифрирования, параметры применяемых алгоритмов.

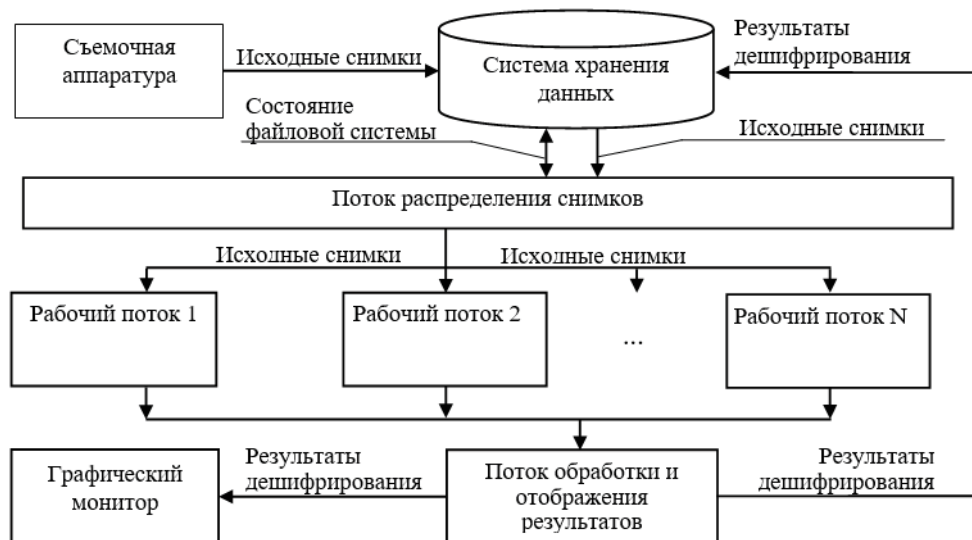
Разработанный программный комплекс устанавливается и запускается на вычислительном блоке.

Обработка графических данных в разработанном программном

комплексе реализована в многопоточном режиме (рис. 1), при этом организовано несколько взаимодействующих между собой потоков обработки данных, которые выполняют задачи:

- распределения снимков;
- обработки снимков;
- обработки результатов дешифрирования.

Схема взаимодействия потоков обработки данных реализована так, что непосредственно в процессе выполнения съемочных работ поток распределения снимков непрерывно анализирует записи в системе хранения данных на наличие новых исходных снимков, которые поступают от съемочной аппаратуры в систему хранения данных. При обнаружении нового необработанного исходного снимка поток распределения снимков дожидается первого освободившегося от обработки графических данных потока обработки снимков (далее – рабочий поток), анализируя состояние флагов занятости рабочих потоков, и передает запрос на обработку этому рабочему потоку, который выполняет дешифрирование одного исходного снимка в соответствии со схемой обработки в рабочем потоке, представленной на рис. 2, затем формирует и передает результаты дешифрирования потоку обработки и отображения результатов, который выполняет запись результатов дешифрирования в систему хранения данных, а также выводит результаты дешифрирования посредством графического интерфейса на монитор вычислительного блока оператору для анализа результатов дешифрирования.



**Рисунок 1 – Схема обработки данных программным комплексом**

В соответствии со схемой обработки данных в рабочем потоке, представленной на рис. 2, при получении запроса на обработку рабочий поток устанавливает флаг занятости. Далее в рабочем потоке выполня-

ется копирование исходного снимка, предварительная обработка исходного снимка, затем, в зависимости от выбранного типа нейросетевой модели, из обработанного исходного снимка формируются графические блоки заданного размера, которые далее последовательно передаются на вход нейросетевой модели. На выходе нейросетевой модели формируется набор данных с результатами дешифрирования.

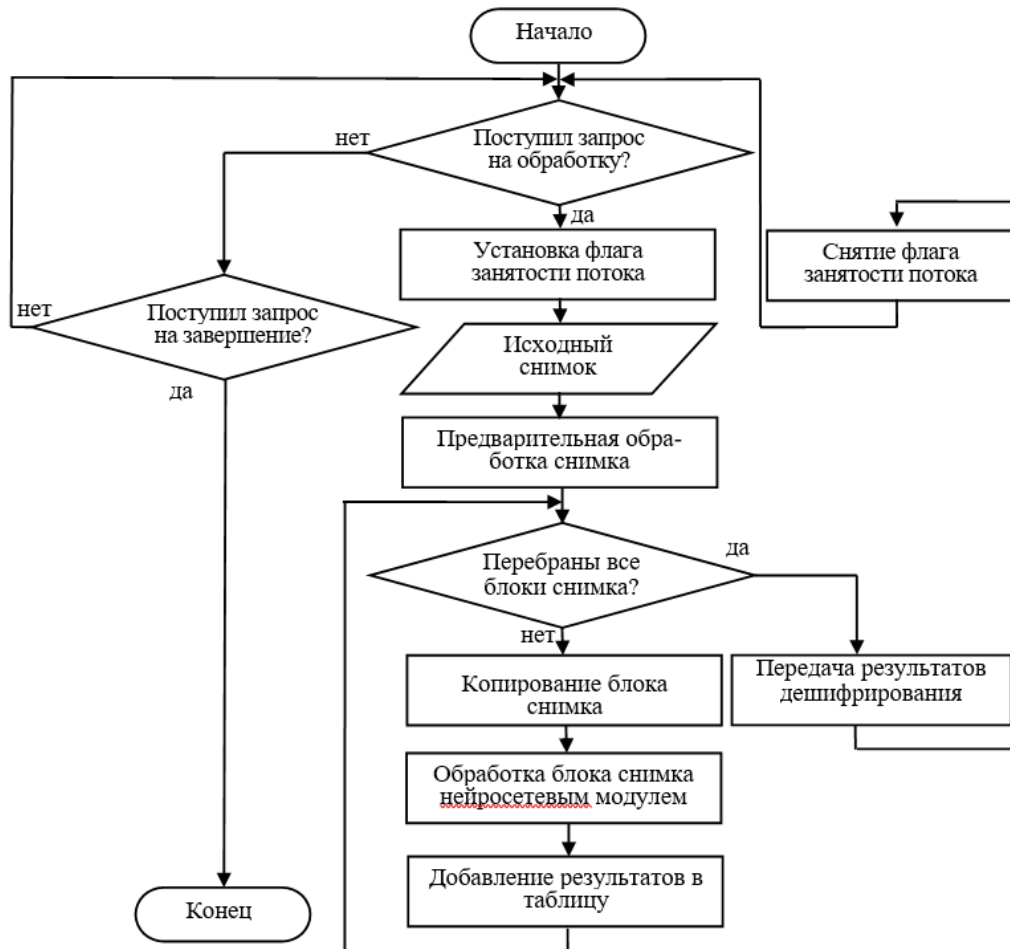


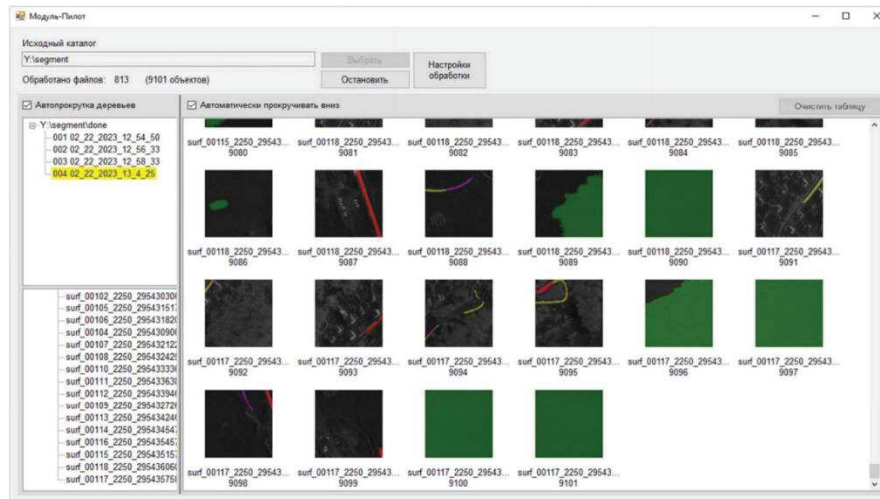
Рисунок 2 – Схема обработки данных в рабочем потоке

Программный комплекс реализован в двух вариантах исполнения:

- для запуска в операционной системе семейства Windows на высокопроизводительных вычислительных блоках с многоядерными центральными процессорами уровня Intel Core i7 и графическими ускорителями не хуже nVidia GeForce GTX 1080 Ti;
- для запуска в операционной системе семейства Ubuntu на малогабаритных вычислительных блоках на основе центральных процессоров NVidia Carmel ARM и графических ускорителей уровня GPU NVidia Jetson Xavier.

Программно-алгоритмическое обеспечение программного комплекса разработано на языке C++ с применением среды разработки Visual Studio для запуска в операционной среде Windows, а также с применением среды разработки QT Creator и Visual Studio Code для запуска в операционной среде Ubuntu.

Интерфейс с пользователем в программном комплексе реализован с применением графических диалоговых окон и элементов управления (рис. 3).



**Рисунок 3 – Интерфейс одного из рабочих окон в режиме дешифрирования с применением нейросетевых алгоритмов семантической сегментации**

По результатам проведенных испытаний программный комплекс соответствует предъявляемым требованиям к точности дешифрирования и позволяет выполнять обработку со скоростью не ниже 37 кадров в секунду. Результаты испытаний приведены в таблице.

**Таблица – Результаты проведенных испытаний программного комплекса**

Наименование проверки	Условие выполнения	Результат
Проверка скорости обработки данных при дешифрировании, кадр/с	37	40
Проверка значения параметра точности сегментации ( $P_{\text{сегм}}$ [1])	$P_{\text{сегм}} = 0,7$	$P_{\text{сегм}} = 0,87$
Проверка значений параметров полнота ( $R$ [2]) и точность ( $P$ [2]) при детектировании объектов типа «Строения»	$R = 0,9$ $P = 0,9$	$R = 0,92$ $P = 0,92$
Проверка значений параметров полнота ( $R$ ) и точность ( $P$ ) при детектировании объектов типа «Автомобили»	$R = 0,8$ $P = 0,8$	$R = 0,92$ $P = 0,92$
Проверка значений параметров полнота ( $R$ ) и точность ( $P$ ) при детектировании объектов типа «Ограждения»	$R = 0,7$ $P = 0,7$	$R = 0,98$ $P = 0,70$

Разработанный программный комплекс зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ [3], позволяет выполнять дешифрирование графической информации, формируемой сканерными ТПВ-системами непосредственно в процессе выполнения съемочных работ, и может быть включен в состав автоматизированных систем обработки информации бортовой съемочной аппаратуры, что позволит повысить эффективность применения сканерных ТПВ-систем за счет повышения оперативности выполнения задач.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Saito T., Rehmsmeier M. The precision-recall plot is more informative than the ROC plot when evaluating binary classifiers on imbalanced datasets // PLoS One. 2015. 10,3: e0118432
2. Mark Everingham, S. M. Ali Eslami, Luc Van Gool, Christopher K. I. Williams, John Winn, Andrew Zisserman. The Pascal Visual Object Classes Challenge – a Retrospective // International Journal of Computer Vision manuscript No. 111, 98-136 (2015). doi:10.1007/s11263-014-07335.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2023611283 РФ. Программа автоматизированной обработки графической информации / Мингалев А.В., Белов А. В., Габдуллин И. М., Марданова Д. А, заявитель и правообладатель Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Государственный институт прикладной оптики».

УДК 004.658.3

М.В. Ворончихин, асп.,  
Н.А. Галанина, проф., д-р техн. наук  
(ЧувГУ, г. Чебоксары, Россия)

#### МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ POSTGRESQL

После выполнения миграции на отечественную СУБД на основе PostgreSQL важной задачей становится оптимизация структуры баз данных с целью повышения производительности и ускорения выполнения существующих бизнес-запросов на новой СУБД. Даже если вся логика приложения корректно работает на мигрированной СУБД, не будет лишним учесть все особенности PostgreSQL, чтобы дополнительно ускорить выполнение запросов и избавиться от «узких мест» в мигрированной базе данных. Применение специфичных приемов оптимизации в PostgreSQL включает в себя не только традиционные методы ин-