Голові спеціалізованої вченої ради
Д73.052.04
Черкаського державного технологічного університету

18000, м. Черкаси, бул. Шевченка, 460.

ВІДГУК
офіційного опонента, завідувача кафедрою «Інформаційної та кібернетичної безпеки» Державного університету телекомунікацій Міністерства освіти та науки України, доктора технічних наук, професора ГАЙДУР Галини Іванівни на дисертацію ПУСТОВАРОВА Володимира Володимировича "Інформаційна технологія розробки системи підтримки прийняття рішення про розпізнавання будівель на космічних та аерофотознімках", поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дослідження та її зв'язок з науковими програмами, планами та темами.

Автором достатньо чітко визначена актуальність теми, розкрив ступінь її розробленості в теорії машинного навчання та нечіткої логіки, а також теорії прийняття рішень.

Автоматизована обробка зображень земної поверхні дозволяє ефективно вирішувати значну кількість наукових та прикладних задач у різних галузях господарства. На сьогодні, найважливіше значення набуває інформативність і оперативність отриманих даних, достовірність обробки і повнота представлення даних повітряного моніторингу. При цьому, виникає гостра необхідність у якісній (високоточній) обробці надзвичайно великого об'єму даних за короткий термін (час).

Забезпечить високу точність результатів моніторингу міського середовища можливо завдяки застосування систем підтримки прийняття рішень (СППР) для розпізнавання міських об'єктів на цифрових космічних та аерофотознімках з визначенням наявності їх змін. Однак, питання комплексного підходу до розробки СППР на промисловому рівні для розпізнавання будівель на цифрових космічних та аерофотознімках є недостатньо дослідженими.

Отже, виникає протиріччя між об'ємом інформації, який здатні надавати сучасні засоби повітряного моніторингу та обмеженими можливостями з оперативної та якісної обробки цієї інформації (даних).

Одним із шляхів вирішення даної суперечності є розробка та впровадження автоматизованої сегментації на зображенні областей меншого формату, які можуть містити області інтересу (будівлі). Тобто, велика частина знімка виключається з розгляду оператором, що дозволяє йому сконцентрувати увагу лише на областях інтересу.

ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Вх. № 885-П
19 04 2021

Для розв'язання висвітленого протиріччя в дисертаційний роботі автором визначено науковий напрямок та сформульоване і вирішене наукове завдання, яке полягає у побудові інформаційної технології розробки СППР для розпізнавання будівель на космічних та аерофотознімках для підвищення ефективності автоматизованого моніторингу міського середовища.

Таким чином, дисертаційна робота Пустоварова В.В. є актуальною.

Дисертаційні дослідження проводились відповідно до планів наукової роботи Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба та Центру контролю космічного простору України. Результати наукових досліджень увійшли до звітів науково-дослідних робіт: шифр "Тор-1" (№ ДР 0101U000615) та шифр "Повітря" (№ ДР 0101U000835), в яких наукові результати дисертаційної роботи використані частково.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Вступ обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами і темами, наведено методи дослідження, викладено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про їх впровадження, зазначено особистий внесок здобувача, надані дані щодо апробації і публікації результатів, а також структуру роботи.

Перший *розділ* дисертації присвячений аналізу стану та напрямків автоматизації вирішення задач розпізнавання будівель на цифрових космічних та аерофотознімках при автоматизованому моніторингу міського середовища. Визначена необхідність побудови інформаційної технології розробки СППР, яка забезпечить адекватні засоби формалізації відповідних знань з урахуванням специфіки задач моніторингу міського середовища.

Запропоновано використовувати математичний апарат згорткових нейронних мереж (ЗНМ), а саме глибоку нейронну мережу (ГНМ) U-Net у якості базової моделі представлення знань про задачі розпізнавання будівель на цифрових космічних та аерофотознімках при автоматизованому моніторингу міського середовища.

У ***другому*** *розділі* дисертації обґрунтовано вибір напрямку дисертаційного дослідження та постановленого завдання.

Сформульована актуальна наукова задача удосконалення інформаційної технології розробки СППР про розпізнавання будівель на цифрових космічних та аерофотознімках при автоматизованому моніторингу міського середовища з використанням знання-орієнтованих методів та моделей. Сформульовані часткові наукові завдання дослідження.

Запропоновано у якості кодувальника (субдіскретізатора) використовувати ЗНМ Inception-v3, а для класифікації об'єктів розпізнавання – використовувати нечітку нейронну мережу Ванга-Менделя.

У третьому розділі удосконалено модель ЗНМ для сегментації об'єктів на цифрових знімках, у якої, на відміну від відомих, у якості нейромережевого звужуючого блоку для підмережі вилучення ознак

використовується попередньо навчена ЗНМ з більш глибокою архітектурою, а у якості класифікатора використовується модифікована нейронна мережа Ванга-Менделя, яка реалізує операції над інтервальними нечіткими множинами другого типу, що дозволяє забезпечити достатню точність сегментації визначених об'єктів на цифрових знімках.

Дістав подальший розвиток метод формалізації знань щодо семантичної сегментації будівель на космічних та аерофотознімках, у якому, на відміну від відомих, розроблений апарат формалізації побудований на основі використання вдосконаленої згорткової нейромережевої моделі для сегментації об'єктів та модифікованої методики передачі навчання з використанням декількох вузьких місць (проміжних зв'язків між звужуючим та розширюючим блоками вдосконаленої згорткової нейромережевої моделі), що дозволяє підвищити якість та зменшити час на навчання нечіткої ЗНМ.

У четвертому розділі побудована інформаційна технологія розробки СППР для розпізнавання будівель на космічних та аерофотознімках при автоматизованому моніторингу міського середовища, яка дозволяє забезпечити уніфікацію і стандартизацію процесу розробки СППР відповідного класу з використанням удосконалених в третьому розділі моделі та методу формалізації знань щодо семантичної сегментації космічних та аерофотознімків.

Виконано формальне представлення інформаційної технології з використанням методології функціонального моделювання IDEF0.

Розроблена методика формування платформи для моделювання глибокого навчання для розробки СППР для розпізнавання будівель на цифрових космічних та аерофотознімках при автоматизованому моніторингу міського середовища. Використання єдиної апаратної і програмної платформи у вигляді набору типових платформ та унікальних архітектурних шарів, що відповідають досліджуваній предметній області, забезпечує повний контроль над ГНМ і досягнення їх переваг за рахунок використання глибокого навчання

У п'ятому розділі проведено оцінку точності розпізнавання будівель на космічних та аерофотознімках з використанням СППР на основі сегментації та виявлення змін на різночасних цифрових знімка з використанням існуючих та запропонованої у роботі моделей для сегментації цифрових зображень. Визначено, що застосування розробленої СППР дозволяє отримати виграш в точності та повноті при вирішенні завдання сегментації у середньому до 3 %.

Достовірність і обґрунтованість отриманих наукових результатів

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується коректним використанням математичного апарату, обґрунтованими теоретичними твердженнями, а також збіжністю теоретичних результатів з результатами експериментальних досліджень (математичного моделювання).

Новими науковими результатами, отриманими у дисертації є:

– удосконалено модель згорткової нейронної мережі (ЗНМ) для сегментації об'єктів на цифрових знімках, у якій, на відміну від відомих, в

якості нейромережевого звужуючого блоку для підмережі вилучення ознак використовується попередньо навчена ЗНМ з більш глибокою архітектурою, а в якості класифікатора використовується модифікована нейронна мережа Ванга-Менделя, яка реалізує операції над інтервальними нечіткими множинами другого типу, що дозволяє забезпечити більшу точність сегментації визначених об'єктів на цифрових знімках;

– дістав подальший розвиток метод формалізації знань щодо семантичної сегментації будівель на космічних та аерофотознімках, у якому, на відміну від відомих, розроблений апарат формалізації побудований на основі використання удосконаленої згорткової нейромережевої моделі для сегментації об'єктів та модифікованої методики передачі навчання з використанням декількох вузьких місць (проміжних зв'язків між звужуючим та розширюючим блоками удосконаленої згорткової нейромережевої моделі), що дозволяє підвищити якість та зменшити час навчання нечіткої згорткової нейромережевої моделі.

– вперше побудовано інформаційну технологію розробки СППР для розпізнавання будівель на космічних та аерофотознімках при автоматизованому моніторингу міського середовища, яка на основі функціонального моделювання формально представляє процес розробки СППР з використанням нечіткої згорткової нейромережевої моделі, що дозволяє забезпечити уніфікацію та стандартизацію процесу розробки системи підтримки прийняття рішень відповідного класу.

Сукупність отриманих наукових результатів є науковою сутністю підвищення ефективності СППР для розпізнавання будівель на космічних та аерофотознімках з використанням методів сегментації та виявлення змін на різночасних цифрових знімках.

Практична значущість роботи полягає у тому, що результати дослідження дозволять отримати виграш у точності сегментації будівель на цифрових космічних та аерофотознімках до 3 %.

Наукові і практичні результати досліджень, що отримані в роботі, впроваджені, що підтверджуються відповідними актами: у роботах ДП «ЗАО НДІРВ» на замовлення Національного агентства України, у роботах ПрАТ «НВП Сатурн», у роботах НВП ХАРТРОН АРКОС ЛТД та у навчальному процесі кафедри «Обчислювальна техніка та програмування» НТУ «ХПІ».

Завершеність, стиль викладання, публікації.

Дисертаційна робота Пустоварова В.В. є закінченим науковим дослідженням. Мова та зміст дисертації дозволяють зрозуміти сутність одержаних автором нових наукових і практичних результатів. Стиль викладання дисертації технічно грамотний, послідовний та логічний. Наукова термінологія використовується правильно.

Аналіз сукупності наукових результатів, представлених в роботі Пустоварова В.В., дозволяє зробити висновок про їх внутрішню цілісність і засвідчує особистий внесок автора у розвиток теоретичних і прикладних основ побудови інформаційних технологій для розроблення та впровадження систем комп'ютерної підтримки рішень в автоматизованих системах і

мережах, в частині, що стосується побудови інформаційної технології розробки СППР для розпізнавання будівель на космічних та аерофотознімках для підвищення ефективності автоматизованого моніторингу міського середовища.

Зміст і тема дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

Результати дисертаційного дослідження опубліковані у повному обсязі у 4 статтях та 2 монографіях написаних здобувачем самостійно і у співавторстві. Матеріали досліджень апробовані на 12 конференціях.

Недоліки та зауваження. Основні недоліки та зауваження визначені в процесі розгляду дисертаційної роботи і автореферату здобувача:

– не достатньо уваги приділено визначенню процедури «вузького місця», згідно з якою на виході попередньо навченої моделі знімаються ознаки і подаються на вхід другої частини мережі модифікованої U-Net, що ускладнює розуміння самої процедури;

– не розкрито визначення верхньої та нижньої функції приналежності у термінах предметної області дисертації при формалізованому описі вихідного сигналу модифікованої мережі Ванга-Мендена на основі інтервальних нечітких множин типу 2;

– узагальнена топологія нейромережевої моделі для сегментації об'єктів на цифрових знімках у вигляді суперпозиції функцій не достатньо розкрита (рис. 3.7).

– структури інформаційної технології розробки СППР для розпізнавання будівель на космічних та аерофотознімках у нотації IDEF0 не розкриває множину рівнів деталізації технології (рис. 4.2).

– не обґрунтовано, чому рівень виграшу у точності і повноті при вирішенні завдання сегментації піднявся до 3 %, хоча, судячи з графіку на рисунку 5.2, точність на валідаційних даних склала приблизно 70 %..

– в роботі згадується про можливість створення програмного продукту на основі запропонованих методів, але відсутня більш детальна інформація щодо того чи сам автор розробляв якісь програми з використанням цієї технології;

– з роботі не достатньо уваги приділено поясненню етапу акумуляції нечітких множин по термам вихідної лінгвістичної змінної, які отримані за результатами виконання сегментації, що ускладнює розуміння процедури визначення кінцевого результату.

Крім того, основні результати дослідження можна було б сформулювати більш лаконічно, зустрічаються окремі стилістичні помилки. Але вищезазначені недоліки та зауваження не впливають на загальний позитивний висновок щодо дисертації.

Загальні висновки.

В цілому – поставлена мета дисертаційної роботи досягнута. Нові наукові результати повністю витікають із проведених досліджень. Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, в якій

отримані нові науково-обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують наукову задачу та відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 "Порядку присудження наукових ступенів", що затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 (зі змінами), що пред'являються до кандидатських дисертацій і паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології, а її автор ПУСТОВАРОВ Володимир Володимирович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Завідувач кафедри інформаційної та
кібернетичної безпеки Державного
університету телекомунікацій,
доктор технічних наук, професор

Г.І. ГАЙДУР

Підпис доктора технічних наук, професора ГАЙДУР Г.І. засвідчую
Учений Секретар вченої Ради
Державного університету телекомунікацій

О.В. ПОПОВ