

Горда Олена Володимирівна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування і прикладної математики, orcid.org/0000-0001-7380-0533

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Цюцюра Світлана Володимирівна

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0002-4270-7405

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Лященко Тамара Олексіївна

Старший викладач кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0001-9092-0297

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

КОЛОРОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗОБРАЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА

***Анотація.** У роботі розглянуто підхід до формалізації представлення колориметричного (колірного) атласу будівельного майданчика (КАБМ), який визначається предметною областю на стику дисциплін: матеріалознавства, будівельної механіки та механіки машин, контролю технічного стану об'єктів будівництва, фотограмметрії, теорії розпізнавання образів. Кожна з наведених прикладних областей містить свою напрацьовану базу знань, різні інформаційні технології, що враховують особливості кожної з них. Розглянуто та визначено процедуру формування поняття колірної атласу будівельного майданчика в інтелектуальному інформаційному середовищі в будівництві, його особливість та склад, відмінність від звичайних процедур формування системи знань, а також запропоновано й описано підхід до його дослідження, визначено інформаційну взаємодію інтелектуального середовища об'єкта із суб'єктом будівництва. Показано можливість побудови різних формалізацій КАБМ на основі онтологічного і семантичного графів та графа зображення будівельного майданчика. Визначено й описано проблеми, що виникають у процесі формалізації та аналізу КАБМ з метою здійснення пошуку елементів зображень. Визначено змістовну структуру КАБМ та еквівалентність графів КАБМ з урахуванням можливості введення заходів схожості. КАБМ з погляду прагматичної класифікації є спеціалізованим знаходженням елементів на об'єктах будівництва. Робота виконана в рамках кластерного аналізу й орієнтована на розробку методів побудови алгоритмів розпізнавання та ідентифікації будівельних об'єктів. Для описаних перетворень проведено дослідження щодо їх спостереження на цифрових зображеннях, а також можливості спостереження інваріантів перетворень. Робота виконана для КАБМ з метою визначення можливості побудови її інформаційної моделі з урахуванням розробки методів побудови алгоритмів розпізнавання й ідентифікації на будівельних об'єктах. Досліджено можливість побудови КАБМ на основі сукупності зображень, встановлено можливість відповідних візуалізацій КАБМ як засобу категоризації.*

***Ключові слова:** зображення; модель; перетворення; інваріант; кластер; будівництво; інтелектуальне середовище; визначення; атлас; формалізація; будівельні роботи; ресурси*

Вступ

Раціональне застосування ресурсів та витрат часу потребує їх удосконалення та пошуку найбільш доцільних і оптимальних методів їх використання. У роботі визначено основні вхідні дані, від яких залежать матеріальні витрати і термін виконання будівельних робіт. Організація будівництва являє собою складний, тривалий у часі багатоетапний процес, що потребує узгодженості здійснення всіх видів робіт та їх виконавців як у часі, так і щодо використання матеріальних, технічних та інших

ресурсів. Будівництво – це два взаємопов'язані паралельні асинхронні процеси: забезпечення ресурсами і виконання послідовності робіт.

Одним із шляхів оптимізації виконання будівельних робіт є їх узгодження і забезпечення ресурсами, причому, забезпечення ресурсами має передувати виконанню робіт. Нормальний хід будівництва можливий тільки тоді, коли заздалегідь продумано, в якій послідовності будуть вестися роботи, яка кількість робітників, машин, механізмів та інших ресурсів знадобиться для кожної з них.

Актуальність

В умовах реального будівництва завдання планування етапів і операцій реалізації проекту є нагальним, постійно виникаючим, і тому актуальним. Отже, може здійснюватися за рахунок оперативного управління на основі формалізованої мережної моделі як всього процесу будівництва в цілому, так і на рівні оперативних мережних графіків. З точки зору інформаційного моделювання процес реалізації будівельного проекту являє собою модель, що пов'язує асинхронні інформаційні потоки в системі управління та перетворення даних, де взаємодія подій – це складна динамічна структура, спрямована на вирішення таких завдань:

1) визначення поточного стану виконання будівельних робіт;

2) визначення неузгодженостей між реальним станом виконання робіт та планом;

3) визначення переліку робіт, що виконуються в поточний момент часу;

4) визначення необхідних ресурсів для початку наступного етапу.

Задача визначення реалізації етапів будівельного проекту має на меті вирішення таких взаємопов'язаних завдань:

– *з точки зору проекту:*

1) визначення типів робіт і послідовності їх виконання на кожному етапі;

2) визначення матеріалів і комплектуючих для виконання будівельних робіт;

3) визначення умов і обмежень на виконання робіт;

4) визначення системи контролю в межах реалізації кожного етапу з метою забезпечення своєчасності та якості виконання робіт;

– *з точки зору логістики будівництва:*

1) формалізація будівельного майданчика як геоінформаційної системи (ГІС) із заданою інфраструктурою;

2) визначення потоків матеріалів і комплектуючих;

3) визначення потоків будівельної техніки;

4) визначення потоків робочої сили;

5) визначення шляхів утилізації відходів будівництва (тара, ґрунти, упаковка, будівельне сміття);

– *з точки зору контролю й управління:*

1) організація точок оперативного контролю (наприклад, на основі телекомунікаційних технологій, web-камер тощо);

2) актуалізація дислокації засобів контролю;

3) ведення бази даних оперативного контролю;

4) організація контролю за виконанням рішень

– як завдання оперативного планування при реалізації етапу проекту.

Виходячи з аналізу задач реалізації етапів виконання будівельних робіт, визначено перелік і структуру вхідних даних, необхідних для побудови моделі їх виконання згідно з проектом в цілому і зокрема для виконання окремих етапів будівництва.

При розробці та дослідженні систем технічної діагностики стану об'єкта будівництва застосовуються методи штучного інтелекту, зокрема для цифрових зображень з метою виявлення різних дефектів.

Для розпізнавання необхідна модель, яка описує будь-які об'єкти будівництва, існування чи побудови якої є неочевидним. Подолати цю складність можливо за допомогою адаптивної апроксимації в алгоритмічному програмному середовищі структурно і параметрично задаючи типи зображень як об'єкти.

Для виявлення та класифікації пошкоджень конструкцій і будівельних споруд в цілому здійснюється моніторинг технічного стану об'єктів будівництва, який дає змогу попереджати виникнення небажаних і аварійних ситуацій. При розробці та дослідженні систем технічної діагностики стану об'єкта будівництва застосовуються методи штучного інтелекту, зокрема методи кластерного аналізу цифрових зображень з метою виявлення різних дефектів. Головною перспективою розвитку систем моніторингу споруд є створення професійно розроблених постійно діючих автоматизованих систем контролю технічного стану об'єкта, суть яких полягає в аналізі динаміки зміни технічного стану об'єктів будівництва, а саме прогнозуванні, виявленні та класифікації дефектів без активного впливу на об'єкт моніторингу. Актуальність роботи визначається розширенням застосування зображень web-камер і дослідження представленої на них інформації з врахуванням особливостей матеріалу самого об'єкта та різних середовищ. Все вищенаведене зумовлює актуальність пропонованої роботи.

Аналіз стану досліджень

Складність завдання моніторингу поверхонь споруд часто пов'язана з доступністю важливих конструкцій та вузлів споруд, що робить методи оптичного контролю на основі обробки цифрових зображень дедалі популярнішими [1; 2].

Завдання опрацювання цифрових зображень є частиною теорії розпізнавання образів, основні методи та моделі якої викладені в низці монографій [3; 4; 6].

Попередні дослідження і методологія з цієї тематики представлені в роботах: [5; 6] – елементи дефекту типу «тріщина» (ДТТ) та зміни його зображення на цифрових знімках (ІЗОДТТ); [7; 8] – перетворення ІЗОДТТ, інформаційні середовища – [9 – 11]; топологія – [12 – 14]; [15] – категорія ІЗО.

Грунтуючись на отриманих результатах, можна виконати та дослідити формалізацію поняття КАБМ та описані проблеми, що виникають у процесі постановки задач і аналізу зображення.

Складність завдання моніторингу поверхонь споруд часто пов'язана з доступністю важливих конструкцій та вузлів споруд, що робить методи оптичного контролю на основі опрацювання цифрових зображень дедалі популярнішими.

Мета та задачі дослідження

Мета роботи – визначити та дослідити в рамках проблем колориметричного аналізу цифрові зображення будівельного майданчика (ІЗОБМ) як джерела інформації з метою формалізації ідентифікації інформаційних елементів та їх композицій, смислових структур ІЗОБМ з метою його моделювання на основі онтологій та графів зображень у рамках оптичного методу контролю об'єктів будівництва. Оскільки ІЗОБМ є складним об'єктом дослідження, який може мати різноманітні форми прояву і спотворення, що робить практично неможливим створення еталону, тому для ідентифікації об'єктів на основі цифрових зображень потрібен комплексний підхід з урахуванням їх специфіки дослідження та формування зображення.

Для досягнення поставлених цілей необхідно вирішити такі завдання:

1) опис цілісної системи знань, що забезпечує інформаційну підтримку спеціалістів і експертів різних суміжних галузей, у межах яких використовується або досліджується ІЗОБМ;

2) визначення джерела інформації у межах колориметричного аналізу з врахуванням формування ІЗОБМ;

3) визначення поняття ІЗОБМ у межах колориметричного кластерного аналізу з точки зору поставленого завдання.

У процесі вирішення завдань стосовно ІЗОБМ необхідно враховувати особливості певної предметної області:

1) оскільки ІЗОБМ є складною, комбінованою в інформаційному плані сферою знань, то його онтологія має представляти предметну область з можливістю автоматизації процесу виведення в рамках інтелектуальної бази знань ІЗОБМ з метою побудови інтелектуального (автоматизованого) розпізнавання та класифікації відповідних об'єктів;

2) оскільки база знань онтології ІЗОБМ є інтегрованою з базами знань різних прикладних областей, вона має забезпечувати синтез алгоритмів інтеграції виводу для кожної конкретної формалізованої прикладної задачі в рамках онтології ІЗОБМ.

Виклад основного матеріалу

Нині дослідження цифрових ІЗОБМ і будівельних об'єктів ведеться в різних напрямках та на основі широкого спектра методів. Вихідними даними

для формування ІЗОБМ є зображення поверхні моніторингу об'єкта будівництва. Основним завданням формування опису зображення, що відповідає тривимірним даним інформації, є отримання інформації, придатної для формування знань та їх осмислення шляхом зіставлення з наявними спостереженнями або формування нових кластерів на основі принципів близькості, схожості та суміжності.

При формуванні зображення відбувається його перетворення в межах формальної мови в деякі формальні тексти (кластери, координати, гістограми, карти знань, карти аргументації, діаграми сутність-зв'язок) з метою подальшої інтерпретації для вирішення поставленого завдання в рамках обраних дослідником моделей. При формуванні ІЗОБМ на основі множини окремих зображень виникає необхідність автоматизації цього процесу, оскільки він потребує високого ступеня компетентності в галузі опрацювання цифрових зображень і застосування високоякісних технічних засобів, володіння інформацією стосовно попередніх напрацювань щодо шаблонів та прототипів і обмежень стосовно інформаційного навантаження. Слід зазначити, що з погляду теорії ідентифікації (за рахунок можливостей визначення структури і параметрів відповідної моделі ІЗОБМ за даними) необхідно забезпечити можливість використання алгоритмів, які враховують апріорну інформацію.

Задача формалізації представлення зображення БМ, як підхід, у такому випадку є актуальною і важливою, оскільки визначає:

- мобільність обміну використання інформації, отриманої при різних підходах у дослідженні (забезпечення повноти, несуперечності та виведення);
- механізм моделювання і перетворення інформації залежно від мов формалізації;
- глибину (повноту та ступінь) використання отриманих результатів дослідження;
- формалізації як засіб побудови моделі з урахуванням дискретних web-зображень;
- опис нових явищ на основі широкої формалізації, наприклад, анізотропних деформацій на початку ізотропного ІЗОБМ.

Враховуючи поняття інформаційного простору ІЗОБМ та властивість можливості спостереження, визначають ознаки ІЗОБМ, які можуть бути покладені в основу моніторингу оптичного контролю об'єкта будівництва. На базі отриманої сукупності ознак визначається ознаковий простір ІЗОБМ.

До задач, які необхідно розв'язати (ДЛЯ ЧОГО), належать:

- управління проектом;
- контроль будівельного процесу;
- виявлення аномалій;
- розпізнавання об'єктів;

– моніторинг технічного стану;
– створення цілісної системи знань, що забезпечує інформаційну підтримку спеціалістів та експертів різних суміжних галузей, у межах яких використовується або досліджується ІЗОБМ.

При цьому необхідно враховувати такі особливості і вимоги:

– оскільки база знань ІЗОБМ є інтегрованою з базою прикладних областей, то сукупність зображень має забезпечувати синтез алгоритмів інтеграції виводу для кожної конкретної прикладної задачі;

– онтологія ІЗОБМ має допускати побудову метрик на сукупності цифрових зображень з метою застосування методів кластерного аналізу;

– онтологія ІЗОБМ з погляду прагматичної класифікації є спеціалізованою щодо знаходження об'єктів будівництва та будівельної техніки на різних стадіях існування.

У процесі вирішення завдання розпізнавання об'єктів БМ виникає низка проблем, зокрема:

1) поставлена задача не може бути розв'язана щодо конкретного ІЗОБМ;

2) завдання на основі заданого ІЗОБМ для вирішення вимагає неприпустимо великого періоду часу;

3) завдання формалізоване так, що має множини рішень, які включають альтернативні;

4) завдання має множини постановок, що включають постановки, які виходять за межі термінології заданого ІЗОБМ;

5) наявність і використання невиявлених в ІЗОБМ помилок та артефактів;

6) наявність і використання в ІЗОБМ слабодетермінованих або малозначущих знань;

7) відсутність розуміння про необхідну сукупність знань і механізму способів його застосування в дослідженні, а отже, неможливість збільшення повноти знань стосовно ІЗОБМ.

Зображення поверхні об'єкта моніторингу для будівельних об'єктів і конструкцій є основою складової інформаційного масиву для дослідження в рамках оптичних методів контролю. Цифрові зображення web-камер забезпечують застосування таких перетворень, як інтерполяція, трансформації (як мінімум лінійні), афінні перетворення об'єктів на зображенні, фрагментації, подібні перетворення зображень як в цілому, так і окремих об'єктів, а також такі специфічні перетворення:

– порогові – імітація зміни (обмеження) світіння (яскравість) у каналах;

– розмальовки – формування нових кривих передачі кольору;

– дискретизація за величиною вікна – імітація зміни різкості;

– перетворення яскравості – імітація зміни;

– перетворення контрастності – імітація перетворення розташування фокальної площини при формуванні вздовж азимуту на об'єкті зйомки.

Інваріантними перетвореннями щодо ІЗОБМ зокрема є такі, що

1) зберігають площу ІЗОБМ;

2) зберігають довжину границі ІЗОБМ;

3) зберігають величину ознаки (абсолютну і відносну);

4) зберігають дескриптивні ознаки (структурні інваріанти);

5) зберігають колірний атлас ІЗОБМ;

6) зберігають мінімальне значення ознаки в локалізації ІЗОБМ;

7) зберігають кластер елемента дескриптивної ознаки ІЗОБМ.

Фактором, що визначає якість ІЗОБМ з точки зору проведення досліджень, є доступність моніторингу об'єкта будівництва, що спостерігається. Доступність визначається технічними засобами спостереження, структурою поверхні об'єкта спостереження, зовнішніми умовами формування ІЗОБМ, орієнтацією та віддаленістю поверхні об'єкта спостереження і реєструючої апаратури (рисунок).

Можливість спостереження ознак елементів ІЗОБМ також залежить від доступності моніторингу об'єкта в сукупності з отриманою попередньо інформацією про його конструктивні, експлуатаційні та власне матеріалознавчі дані на основі відповідної документації.

Під інформаційним елементом ІЗОБМ розумітимемо інформацію щодо спостережуваних на ньому об'єктів. Інформаційні елементи можуть відповідати елементам зображень різних об'єктів на ІЗОБМ. Структура інформаційного елемента – це структура сукупності елементів на ІЗОБМ, з іншого боку, – структура всієї інформації, отриманої для цього елемента.

Під інформаційним простором ІЗОБМ розумітимемо частково впорядковану множину його інформаційних елементів, представлених на впорядкованій скінченній дискретній множині (пікселях ІЗОБМ). Отже, сутність інформаційних елементів – це відношення на декартовому добутку інформаційного простору на його дискретний носій. Зокрема, до таких відношень належать класифікатори елементів, фрагменти та типи ІЗОБМ.

Первинними елементами ІЗОБМ є: світлочутливість, дискретність матриці, і навіть такі поняття, як колір, яскравість, функція присутності, у загальному випадку елементи топології ІЗОБМ. Колірний атлас ІЗОБМ (ІЗО КАБМ) є основним способом завдання елементів на ІЗОБМ, а структура колірного атласу – способом завдання відношень між елементами ІЗОБМ. До особливостей моделювання ІЗОБМ належить наявність на зображенні різних характерних для будівельних конструкцій і матеріалів градієнтів, текстур та кольорів.

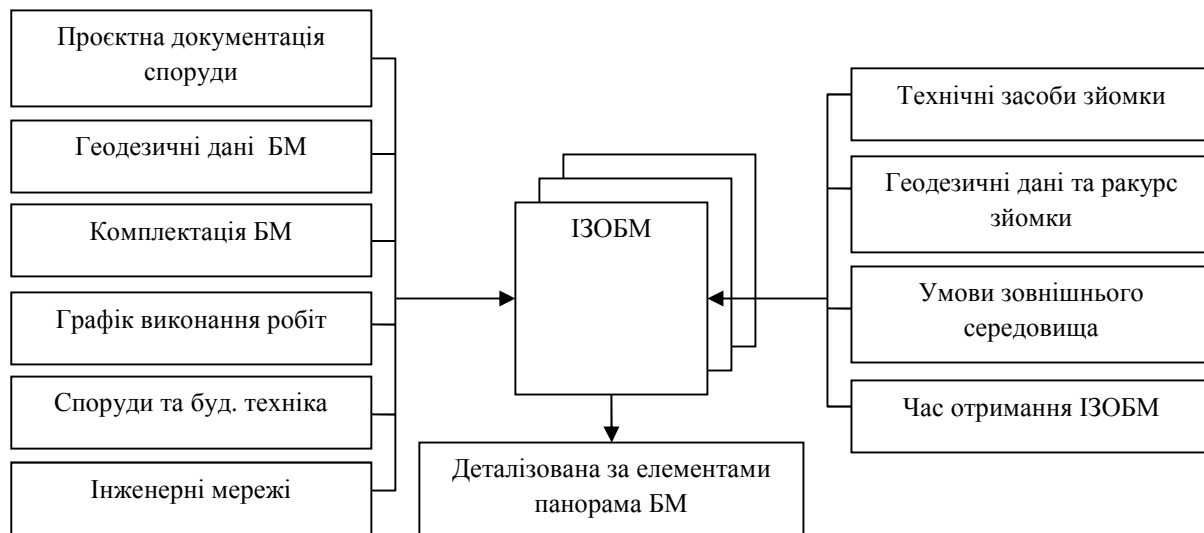


Рисунок – Структура інформаційного забезпечення задачі побудови КА ІЗОБМ

Розглянемо двовимірне зображення ІЗОБМ як текст, що має якесь семантичне ядро. При цьому слід розуміти, що залежно від цілей інформаційного моделювання (прогнозування, побудови гіпотез, отримання нових даних, несуперечності відомим фактам) для ІЗОБМ виокремлюються суттєві для дослідження властивості, тому, як наслідок, інформаційна формалізована модель ІЗОБМ може бути неоднозначною, і являти собою певний клас моделей. Особливо слід зазначити залежність формалізації і побудови інформаційної моделі для аналізу, опрацювання інформації зображення від обмежень, від функціональних та технічних особливостей формуючого тракту зображення ІЗОБМ.

Мова формалізації ІЗОБМ має бути здатною зіставляти інформаційні моделі образів ІЗОБМ на основі наявних цифрових зображень зі знаковими інформаційними моделями для їх подальшого дослідження.

Спираючись на введені вище поняття ІЗОБМ в рамках його онтології, що містять поняття, представлені образами, визначимо семантичне ядро або фрагмент ІЗОБМ як сукупність образів елементів і пов'язаних з ними уявлень (заданих параметрично або дескриптивно).

Семантичне ядро ІЗОБМ, формалізоване в рамках його онтології, будемо називати семантичною анотацією. Тоді система смислів фрагментів ІЗОБМ – це система їх семантичних відношень анотацій, які мають синтаксичне представлення.

Із системи смислів за рахунок співвіднесення за заданими критеріями формуються групи (наприклад, фон, перешкоди, об'єкти), що у своїй сукупності представляють сцену ІЗОБМ. Сцена ІЗОБМ містить додаткову інформацію щодо груп, їх розташування на зображенні, параметричні та дескриптивні ознаки,

що пов'язані семантичними анотаціями. Для ІЗОБМ застосовуються поняття планів зображення: передній план, середній план, далекий план, а також поняття перспективи, що реалізується засобами формування зображення та за рахунок різноманітних ракурсів.

Особливо зазначимо, що для ІЗОБМ визначається поняття композиції – з'єднання, поєднання, складання фрагментів у ціле відповідно до понять у даній антології, де як ІЗОБМ мається на увазі зображення форми, властивої будівельним об'єктам, що передає повну інформацію про неї.

Змістовною структурою ІЗОБМ є його логічний каркас, який визначається відношеннями між елементами зображення і аналітичними поняттями, що представляють їх семантику. Як наслідок, композиція зображення є логічно впорядкованою.

На основі ІЗОБМ можна отримати таку інформацію:

- 1) елементи;
- 2) пов'язані елементи;
- 3) сукупності суміжних елементів;
- 4) локальні схеми вузлів (області примикання);
- 5) семантичні графи фрагментів;
- 6) онтологічні графи фрагментів.

Виходячи з того, що структура визначає сильну форму еквівалентності, метою аналізу еквівалентності є визначення групи випадків, як кластерів, із подальшою візуалізацією. Слід зазначити, що в ІЗОБМ існує природна міра на концептуальних графах у рамках онтології. Побудова міри в рамках онтологічного графа реалізується на основі ізоморфізмів фрагментів онтологічних графів. При цьому підграфи, ланцюги, фрагменти є об'єктами, що вимірюються в рамках класичної теорії графів та, з іншого боку, фрагментами або елементами ІЗОБМ.

Подання ІЗОБМ є планарним орграфом, де вузли відповідають елементам ІЗОБМ, а ребра – відношення між відповідними інформаційними об'єктами (ланки зображення). На основі такого уявлення за рахунок подальшої формалізації класифікуються ІЗОБМ. Таке представлення дає змогу будувати міри схожості між різними ІЗОБМ з урахуванням їх типів.

Якщо еквівалентувати послідовності суміжних інформаційних об'єктів (ланки зображення), то граф ІЗОБМ еквівалентується класом схем графа, побудованих на основі представлень елементів ІЗОБМ, за винятком послідовностей ланок ІЗОБМ. Кожна схема має планарний граф. Як міра важливості у поданні графом ІЗОБМ служать ваги ланок на схемі, що визначаються або через кратність ребер на графі ІЗОБМ, або як міра функції присутності відповідних ланок на ІЗОБМ.

Подання ознак на ІЗОБМ у допусках відповідних еквівалентностей реалізуються на основі концептуальних або семантичних графів, побудованих на базі графів ІЗОБМ.

Таким чином, використовуючи апарат ІЗО КАБМ для вирішення вищезазначених завдань, процедура колориметричного аналізу зображення будівельного майданчика описується такою послідовністю:

- 1) вибір колірному простору ІЗОБМ;
- 2) колірні плями – параметри, структури, межі, суміжності, зміни;
- 3) колірна локалізація плям на ІЗОБМ;
- 4) форми колірних плям на ІЗОБМ;
- 5) джерела світла та тіні, розподіл градієнта яскравості;
- 6) розширення рангу кольорів та його межа для ІЗОБМ;
- 7) ряд колірних атласів для плям ІЗОБМ при різній дискретності кольорів;
- 8) точка зйомки – дистанціювання, ракурси та зони спостереження;
- 9) особливі точки – детектори – дескриптори на ІЗОБМ;
- 10) компонування ІЗОБМ (інформаційні об'єкти);
- 11) конструкція ІЗОБМ;
- 12) динаміка колірних плям на ІЗОБМ;
- 13) динаміка компонування ІЗОБМ;
- 14) динаміка структури ІЗОБМ;
- 15) визначення тіней на ІЗОБМ;
- 16) шум на ІЗОБМ;
- 17) у межах локалізації як імприматури попередня ідентифікація об'єктів;
- 18) кадри та кадрування, масштабування, плани, сцени, перспективи;
- 19) репери та прив'язка компонентів ІЗОБМ;

20) відновлення ракурсів та планів на основі локалізації компонентів ІЗОБМ та приєднаного інформаційного простору;

21) визначення перетворень зведення ІЗОБМ до одного базису, однієї точки зйомки, ракурсу, умов;

22) колірне хешування ІЗОБМ та класифікація, пошук, зведення;

23) колірні графи, мережі ІЗОБМ із розфарбованими вершинами;

24) колірний граф ІЗОБМ, колірне перетворення;

25) інваріанти колірних перетворень ІЗОБМ;

26) локалізація на ІЗОБМ, присутнього на об'єкті будівництва на різному етапі реалізації проекту будівництва;

27) локалізація підготовчих споруд, інженерних мереж;

28) локалізація об'єктів попереднього будівництва, рови, котловани, під'їзні дороги тощо;

29) панорами буд. майданчика – прив'язка до місцевості, цілісність будівлі, склад і структура;

30) зв'язування панорам з різних точок зйомки (огляд-представлення).

При цьому алгоритм побудови панорами із зображень складається з декількох кроків:

1) пошук особливих точок на кожному із зображень;

2) визначення кожної точки інваріантних дескрипторів;

3) стосовно збігу дескрипторів визначення відповідних особливих точок для двох і більше зображень;

4) обчислення матриці проектного перетворення;

5) взаємне проектування зображення з використанням матриці перетворення.

Висновки

1. Інструментарій ІЗО КАБМ дає змогу застосувати структурно-морфологічні методи для побудови систем інтелектуальної інформаційної системи ідентифікації будівельних конструкцій та споруд.

2. Визначено перетворення ІЗО КАБМ як етап кластерного аналізу.

3. Визначено двовимірне зображення ІЗО КАБМ як текст, який є якимось семантичним ядром, під яким розуміється або зображення БМ, або встановлену відсутність такого.

4. На основі розглянутого розв'язання задачі ІЗО КАБМ можна визначити реалізацію ідентифікації етапу будівельного проекту, оптимізувати процедуру управління будівельним проектом у реальному часі, а також якісно і кількісно визначити міру допустимих змін у реалізації

будівельного проекту в кожний конкретний момент його реалізації.

5. Уточнено та досліджено поняття, що формалізують онтологію ІЗОБМ.

6. Проведено дослідження в межах теорії інформаційної ідентифікації засобів онтології ІЗО КАБМ з метою визначення можливості побудови інформаційної моделі ІЗО БМ.

7. Досліджено можливість відповідних візуалізацій ІЗОБМ як засобу категоризації.

8. Робота виконана для ІЗОБМ з метою визначення можливості побудови її інформаційної моделі з урахуванням розробки методів побудови алгоритмів розпізнавання та ідентифікації будівельних об'єктів.

Список літератури

1. Байбурин А. Х., Кочарин Н. В. Применение цифровых технологий в строительстве. Челябинск : Библиотека А. Миллера, 2020. 167 с.
2. Горда Е. В. Особенности визуализации дефектов строительных машин, оборудования и сооружений на основе изображений оптического диапазона. *Теорія і практика будівництва*. 2011. № 7. С. 22–24.
3. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. М. : Мир, 1978. 412 с.
4. Горда О. В. Моделирование метрик в пространстве цифрового изображения дефекта типа "трещина". *Управління розвитком складних систем*. 2014. Вип. 17. С.112–120.
5. Горда Е. В., Михайленко В.М. Онтология цифрового изображения дефекта типа «трещина» на объектах строительства. *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 30. С. 142–145.
6. Горда Е. В. Локальный классификатор признаков на цифровом изображении дефекта типа "трещина". *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 32. С. 71–74.
7. Горда Е. В. Преобразование цифрового изображения дефекта типа «трещина». *Управління розвитком складних систем*. 2018. Вип. 33. С. 139–143.
8. Горда О. В. Формализация представления изображения дефекта типа «трещина». *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип 38. С. 71–75.
9. Григоровський П. Є., Горда О. В., Чуканова Н. П. Інформаційні середовища в будівництві. *Будівельне виробництво*. 2019. № 68. С. 15–19.
10. Григоровський П. Є., Горда О. В., Чуканова Н. П. Інформаційне моделювання будівель для вибору систем інструментального моніторингу на різних етапах життєвого циклу. *Будівельне виробництво*. 2019. № 68. С. 3–6.
11. Григоровський П. Є., Мурасьова О. В., Горда О. В. Інформаційне моделювання комплексного процесу інструментального моніторингу прилеглої ущільненої забудови. *Нові технології в будівництві*. 2020. № 38. С. 9–15.
12. Горда О. В. Поле задач об'єкту будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2020. Вип. 44. С. 78–83.
13. Горда О. В. Побудова кольорного атласу цифрового зображення дефекту типу «трещина». *Scientific Journal "Science Rise"*. 2016. V. 10/2(27). С. 55–60.
14. Горда О. В. Топологія інформаційного простору в будівництві. *Будівельне виробництво*. 2020. № 70. С. 39–44.
15. Горда О. В. Метафори евристичної оптимізації в задачах будівництва. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Вип. 99. 2020. С. 90–100.

Стаття надійшла до редколегії 02.02.2022

Gorda Elena

Assistant professor of information technology design and applied mathematics, orcid.org/0000-0001-7380-0533
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Tsiutsiura Svitlana

DSc (Eng.), Professor, Head of Department of Information Technologies, orcid.org/0000-0002-4270-7405
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Liashchenko Tamara

Lecturer, Department of Information Technology, orcid.org/0000-0001-9092-0297
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

COLORIMETRIC ANALYSIS OF THE IMAGE OF THE BUILDING SITE

Abstract. The paper considers the approach to the formalization of the colorimetric (color) atlas of the construction site (CABS), which is determined by the subject area at the intersection of disciplines: materials science, structural mechanics and machine mechanics, technical condition control, photogrammetry, pattern recognition theory. Each of the above applied areas contains its own knowledge base, various information technologies that take into account the characteristics of each of them. The procedure of forming the concept of color atlas of the construction site in the intellectual information environment in construction, its features and composition, the difference from the usual procedures of forming the knowledge system, as well as the proposed

and described approach to its study, the information interaction of the intellectual environment of the object object of construction. The possibility of constructing different formalizations of CABS on the basis of ontological and semantic graphs and the graph of the construction site image is shown. The problems that arise in the process of formalization and analysis of CABS in order to search for image elements are identified and described. The substantive structure of CABS and the equivalence of CABS graphs are determined, taking into account the possibility of introducing similarity measures. CABS in terms of pragmatic classification is a specialized finding of elements on construction sites. The work is performed in the framework of cluster analysis and focuses on the development of methods for constructing algorithms for recognition and identification of construction sites. For the described transformations, research was conducted on their observation in digital images, as well as the possibility of observing the invariants of transformations. The work was performed for CABS in order to determine the possibility of building its information model, taking into account the development of methods for constructing algorithms for recognition and identification on construction sites. The possibility of constructing CABS on the basis of a set of images is investigated, the possibility of corresponding visualizations of CABS CABS as a means of categorization is established.

Keywords: image; model; transformation; invariant; cluster; construction; intellectual environment; definition; atlas; formalization; construction works; resources

References

1. Baiburin, A. Kh., Kocharin, N. V. (2020). Application of digital technologies in construction. Chelyabinsk: A. Miller Library, 167.
2. Gorda, E. (2011). Features of visualization of defects in construction machines, equipment and structures based on images of the optical range. *Theory and practice of construction*, 7, 22–24. [In Ukrainian]
3. Tu, J., Gonzalez, R. (1978). Principles of pattern recognition. Moscow: Mir, 412.
4. Gorda, E. (2014). Modeling of metrics in the space of digital image of the defect type "crack". *Management of Development of Complex Systems*, 17, 112–120. [In Ukrainian]
5. Gorda, E., Mikhailenko, V. (2017). Ontology of the digital image of a "crack" type defect at construction sites. *Management of Development of Complex Systems*, 30, 142–145. [In Ukrainian]
6. Gorda, E. (2017). Local feature classifier on a digital image of a "crack" type defect, 32, 71–74. [In Ukrainian]
7. Gorda, E. (2018). Transformation of a digital image of a defect of the "crack" type, 33, 139–143. [In Ukrainian]
8. Gorda, E. (2019). Formalization of the representation of the image of a defect of the "crack" type. *Management of Development of Complex Systems*, 38, 71–75. [In Ukrainian]
9. Grigorovsky, P., Gorda E, Chukanova N. (2019). Information environments in construction. *Construction production*, 68, 15–19. [In Ukrainian]
10. Grigorovsky, P., Gorda, E., Chukanova, N. (2019). Information modeling of buildings for the selection of instrumental monitoring systems at different stages of the life cycle. *Construction production*, 68, 3–6. [In Ukrainian]
11. Grigorovsky, P., Murasova, O., Gorda, E. (2019). Information modeling of the complex process of instrumental monitoring of the adjacent compacted buildings. *New technologies in construction*, 38, 9–15. [In Ukrainian]
12. Gorda, O. (2020). The task field of the construction site. *Management of Development of Complex Systems*, 44, 78–83. [In Ukrainian]
13. Gorda, O. (2016). Construction of a color atlas of a digital image of a defect of the "crack" type. *Scientific Journal "Science Rise"*, 10/2 (27), 55–60. [In Ukrainian]
14. Gorda, O. (2020). Topology of information space in construction. *Construction production*, 70, 39–44. [In Ukrainian]
15. Gorda, O. (2020). Metaphors of heuristic optimization in tasks of life. *Applied geometry and engineering graphics*, 99, 90–100. [In Ukrainian].

Посилання на публікацію

- APA Gorda, Elena, Tsiutsiura, Svitlana & Liashchenko, Tamara. (2022). Colorometric analysis of the image of the building site. *Management of Development of Complex Systems*, 49, 66–73, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.49.66-73.
- ДСТУ Горда О. В., Цюцюра С. В., Лященко Т. О. Колориметричний аналіз зображення будівельного майданчика. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2022. № 49. С. 66 – 73, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.49.66-73.