

А.О. Криворучко, асист.
Є.С. Купкін, к.т.н., доц.
Ю.О. Подчашинський, к.т.н., доц.
О.О. Ремезова, к.геогр.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ В ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНІЙ ГАЛУЗІ

Розглянуто можливості застосування інформаційно комп'ютерних технологій обробки відеоінформації для вирішення наукових і виробничих задач в гірничо-геологічній галузі. Цифрова обробка відеозображень поверхонь природного каменю та інших гірських порід дозволяє вимірювати колориметричні та геометричні характеристики структурних елементів цих поверхонь. Отримані результати можуть бути використані для визначення механічних характеристик природного каменю, дослідження генезису, внутрішньої будови та складу гірських порід.

Постановка проблеми. Людина почала використовувати природний камінь в як будівельний матеріал, зброю та знаряддя праці ще з самого початку розвитку цивілізації. Це було пов'язано з тим, що більшість різновидів природного каменю відрізняються значною міцністю і довговічністю. Вже в античному світі люди стали цікавитись декоративними властивостями каменю і почали видобувати декоративний і облицювальний камінь у копальнях та створювати різноманітні архітектурні й монументальні вироби. У середні віки зрозуміли доцільність використання хімії, геології та зародків мінералогії, де процес утворення природного каменю і інших гірських порід є складовою частиною землеутворення.

Сьогодні ж дослідження зовнішнього вигляду природного каменю й інших гірських порід дає не тільки багато практичних результатів для промисловості, але є також одним з основних підходів геології та суміжних наук. Багато методик досліджень пов'язано з цим підходом. На жаль, більшість традиційних методик дослідження зовнішнього вигляду гірських порід, в тому числі природного каменю, ґрунтуються на ручній праці. Тому вони мають низьку ефективність та високу трудомісткість і не дають можливості автоматизованої обробки результатів вимірювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Масове розповсюдження і застосування інформаційно-комп'ютерних технологій не обминуло промисловість з видобутку і обробки каменю. В [1] була показана можливість введення зображення поверхні промислових зразків облицювального каменю в обчислювальне середовище сучасних комп'ютерів. Це дозволяє використати всю потужність обчислювальних методів цифрової обробки відеозображень [2], [3] для вирішення практичних задач гірничої промисловості. Використання інформаційно-комп'ютерних технологій дає можливість по-новому вирішити багато традиційних питань наукової і практичної геології, які відображені в [4]–[9].

Метою даної статті є виявлення та систематизація основних напрямків впровадження інформаційно-комп'ютерних технологій та вимірювальної техніки, яка базується на цих технологіях, в гірничо-геологічну галузь. Пасамперед це – наукові дослідження гірських порід та промислове виробництво, яке пов'язане з видобутком та обробкою природного каменю.

У статті узагальнені основні положення здійснених робіт та запропоновані до розгляду деякі можливі напрямки подальшого впровадження інформаційно-комп'ютерних технологій в гірничо-геологічну галузь. Причому ми будемо розглядати тільки аспекти, які пов'язані з дослідженням зовнішнього вигляду поверхні гірських порід, в тому числі поверхні природного каменю.

Викладення основного матеріалу статті. Схему досліджень поверхні гірських порід на основі інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеозображень зображено на рис. 1.

В даній схемі об'єкт досліджень – це промислові вироби з природного каменю, що контролюються, або зразки гірської породи, що досліджуються. Отримання корисної інформації про об'єкт досліджень здійснюється шляхом формування цифрового відеозображення поверхні цього об'єкта. Далі на відеозображенні вимірюються колориметричні та геометричні характеристики структурних елементів поверхні об'єкта та геометричні характеристики об'єкта в цілому.

Геометричні вимірювання структурних елементів поверхні здійснюються на основі визначення для дискретних точок відеозображення розбіжностей за яскравістю (для ахроматичних поверхонь гірських порід) або розбіжностей за кольором (для хроматичних поверхонь гірських порід). Ці виміри включають визначення поперечних розмірів, периметра, площі, показників форми, орієнтації у просторі й взаємного розташування для структурних елементів поверхні, а також геометричних розмірів для об'єкта в цілому та зміни цих розмірів у процесі деформації та руйнування об'єкта.

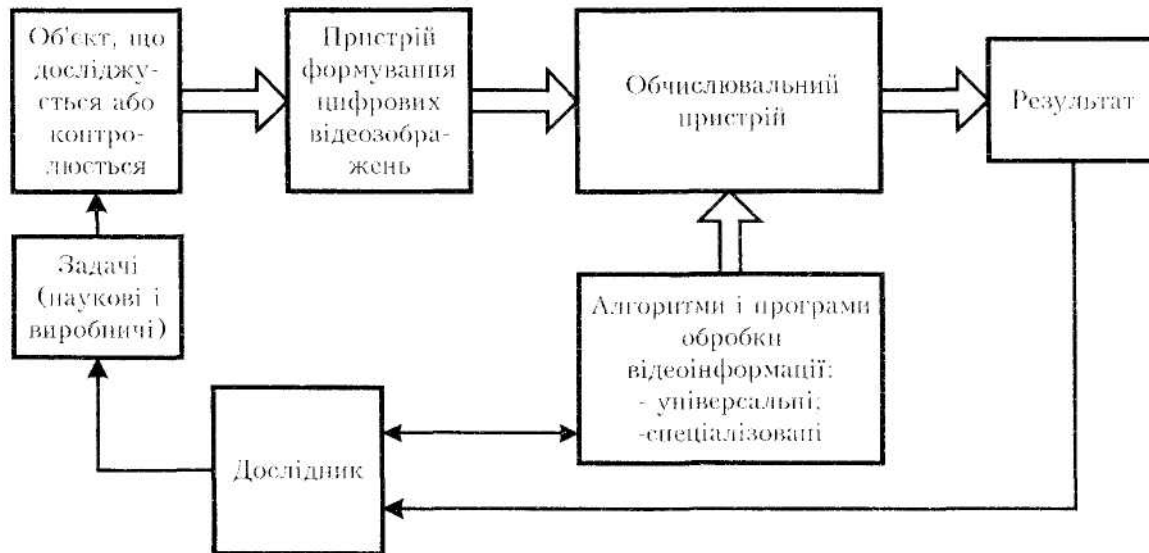


Рис. 1. Загальна схема застосування інформаційно комп'ютерних технологій обробки відеоінформації в гірничо-геологічній галузі

Результати колориметричних вимірювань можуть мати самостійне значення або бути складовою частиною геометричних вимірювань, оскільки структурні елементи поверхні відрізняються один від одного і від фону для хроматичної поверхні гірських порід за кольором. Тому в цьому випадку колориметричні вимірювання є складовою частиною (підготовчим етапом) проведення геометричних вимірювань на відеозображеннях гірських порід.

Колориметричні вимірювання включають визначення однієї із стандартних колориметричних схем, найбільш придатної для вирішення конкретної наукової або виробничої задачі, визначення показників кольору в обраній колориметричній схемі для окремих дискретних точок цифрового відеозображення, для структурних елементів поверхні об'єкта, для певних зон, виділених на поверхні об'єкта, для всього об'єкта в цілому.

Результати колориметричних та геометричних вимірювань на відеозображеннях використовуються для вирішення наукових і виробничих задач в гірничо-геологічній галузі, в тому числі для визначення механічних величин, що характеризують механічні властивості природного каменю як будівельного матеріалу.

Зовнішній вигляд природного каменю залежить від його кристалічної структури, хімічного складу, процесу утворення. Тому між колориметричними і геометричними характеристиками зовнішньої поверхні та фізичними і технічними характеристиками каменю повинні існувати сильні автокореляційні залежності [10]. Це вказує на принципову можливість оцінки механічних характеристик каменю на основі вимірювання характеристик зовнішньої поверхні.

Проведення вимірювань за схемою, зображеною на рис. 1, базується на таких принципах:

1. Використання стандартних апаратних засобів формування і обробки цифрових відеозображень. Ці засоби є досить досконалими і складними технічними виробами [11], що задовольняють основні вимоги задач, які розглядаються [12].

2. Використання алгоритмічної обробки вимірювальної відеоінформації і забезпечення на цій основі потрібних функціональних можливостей і точнісних характеристик засобів вимірювань.

3. Пошук і вибір потрібних параметрів алгоритмів цифрової обробки відеозображень, виходячи з особливостей задачі колориметричних і геометричних вимірювань, удосконалення цих алгоритмів.

4. Застосування стиснення відеозображень, без якого неможлива реєстрація та введення в обчислювальний пристрій наявного обсягу вимірювальної відеоінформації, а також неможливе компактне зберігання цього обсягу відеоінформації.

Процес вимірювань та обробки отриманих результатів забезпечується роботою апаратних засобів (пристрій формування цифрових відеозображень та обчислювальний пристрій) і програмного забезпечення (універсальні та спеціалізовані програми), в яких реалізовано потрібні алгоритми цифрової обробки відеозображень.

Основними апаратними засобами формування відеозображень є сканери, цифрові фотоапарати та цифрові відеокамери. Результати детального дослідження можливостей цих засобів для вирішення задач гірничо-геологічної галузі наведено в [12].

Найбільш досконалим у цій схемі є обчислювальний пристрій, можливості якого дозволяють здійснити на сучасному рівні обчислення будь-якої задачі гірничо-геологічної галузі. При проведенні наукових досліджень, як правило, необхідно використовувати персональний комп'ютер, при вирішенні виробничих задач – промисловий комп'ютер або мікроконтролер.

Існують різноманітні алгоритми обробки цифрових відеозображень [2], [3], які реалізовані в такому потужному програмному продукті як Matlab, та його складовій частині – інструментальному пакеті Image Processing Toolbox [13]. Найбільш доцільним є застосування даних програмних засобів для вирішення наукових задач та для відтравлювання і налагодження алгоритмів обробки вимірювальної відеоінформації на етапі створення діючих макетів автоматизованих систем, що вирішують виробничі задачі.

Методи обробки цифрових відеозображень також втілені у різні широко розповсюджені програми комп'ютерної обробки відеозображень, наприклад Adobe Photoshop або CorelDraw. Однак їх використання незручне, а в більшості випадків і неможливе, бо більшість з них призначена не для визначення і вимірювання параметрів, а для перетворення та корегування відеозображення, тобто для протилежних цілей. Незручним для проведення досліджень є інтерфейс цих програм, що призначені для інших цілей.

Тому для безпосереднього вирішення виробничих задач потрібно розробити спеціалізовані програми. Одним з кроків в цьому напрямку є програма з визначення і дослідження кількісних значень показників якості декоративного та облицювального каменю [14]. В її основу покладено визначення інтегральних показників яскравості та кольору, тобто середніх значень цих показників при розбивці відеозображення поверхні каменю на зони. Намічено застосування даної програми при прийомці промислової продукції, до якої висувуються підвищені вимоги до розбігу кольору, текстури, відсутності плям, дефектів поверхні тощо. Програма має відкритий характер, що дозволяє модифікувати та нарощувати її можливості.

Вимірювання геометричних величин розглянемо на прикладі виявлення різноманітних включень, в тому числі рудних, в гірських породах і розробки методики експрес-оцінки вмісту включень у різновидах порід такого природного каменю, як габро. Задача виявлення рудних включень є важливою, тому що для нерудних облицювальних різновидів габро рудні мінерали є невіддільною домішкою, яка зменшує стійкість каменю до вивітрювання, а для рудних різновидів – це цінний компонент [15]. Методика оцінки вмісту включень базується на інформаційно-комп'ютерних технологіях обробки відеозображень поверхні природного каменю і вимірювання геометричних характеристик структурних елементів цих поверхонь.

Вироби з природного каменю можуть експлуатуватися в місцевостях з різними кліматичними умовами і з можливою наявністю різних агресивних середовищ. При виборі природного каменю архітектори і дизайнери повинні визначити, чи придатний даний різновид каменю для будівництва в даних кліматичних умовах. Цей вибір треба здійснювати, виходячи не тільки з естетичних міркувань, але й з урахуванням фізико-технічних характеристик каменю і його мінералогічного складу, в тому числі – з урахуванням наявності різних включень.

Засоби визначення рудних включень, що використовуються на теперішній час, не завжди ефективні та є досить трудомісткими. Тому необхідно впроваджувати засоби комп'ютерної обробки відеозображень з метою аналізу і надання експертної оцінки відносно придатності конкретного різновиду природного каменю для облицювання будівель в тій чи іншій місцевості, або відносно можливості використання цього різновиду каменю як рудної сировини.

З метою оцінки кількості рудних мінералів і вивчення структури гірської породи були відібрані зразки різновидів габро з різним вмістом рудних мінералів (ільменіту, титаномагнетиту) з Федорівського титанового родовища.

Методика експрес-оцінки вмісту рудних включень полягає в тому, що виконуються такі дії: відбір і підготовка зразків гірської породи, які повинні мати поліровану поверхню; формування відеозображень поверхні зразків (рис. 2) та їх введення у комп'ютер; цифрова обробка відеозображень з метою виділення рудних включень і визначення їх геометричних характеристик (рис. 3); обробка результатів вимірювань геометричних характеристик і побудова графіків та гістограм (рис. 4); інтерпретація отриманих результатів з точки зору гірничо-геологічної галузі. В даному випадку вимірювалися такі геометричні характеристики, як поперечні розміри зерен рудних включень і площа, яку займають ці включення на поверхні зразка.

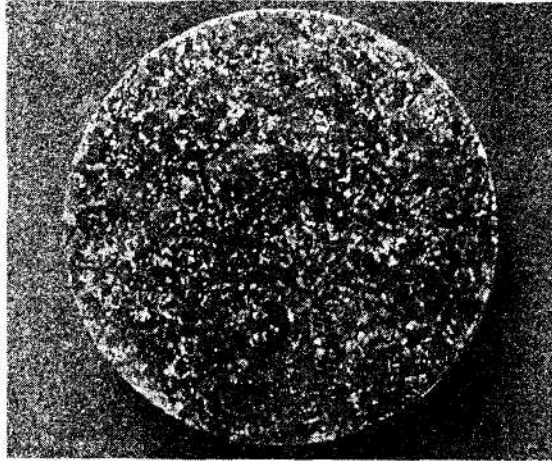
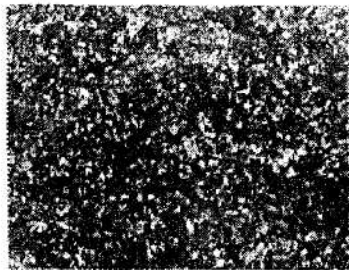
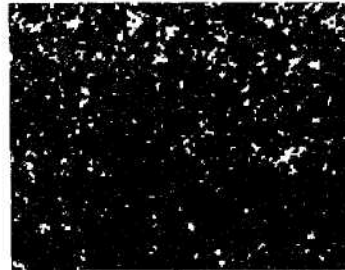


Рис. 2. Загальний вигляд зразка габроїдної породи Федорівського титанового родовища



а)



б)

Рис. 3. Фрагмент поверхні зразка:

а) початкове відеозображення; б) відеозображення після виділення рудних включень

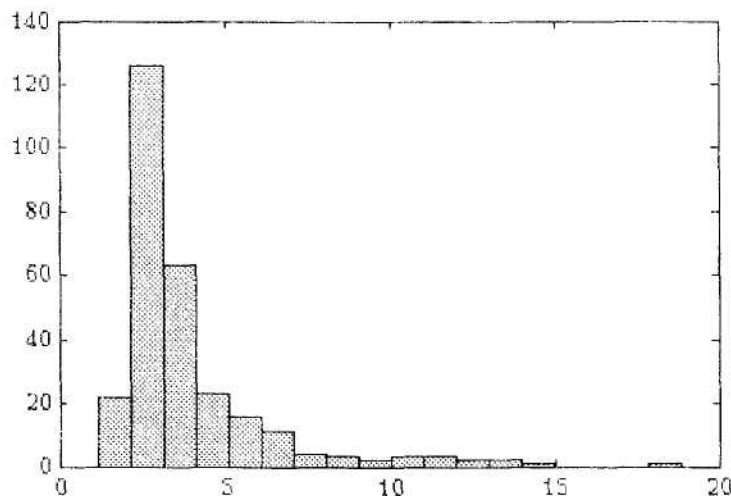


Рис. 4. Гістограма розподілу поперечних розмірів зерен рудних включень (по горизонтальній осі – поперечний розмір включень в дискретних точках відеозображення, по вертикальній осі – кількість включень відповідного розміру)

Дані, отримані за допомогою запропонованої методики, в основному співпадають з даними, отриманими шляхом дослідження під мікроскопом прозорих шліфів, виготовлених з основних різновидів порід даного родовища (табл. 1). Дослідження цих шліфів виконано Житомирською геологорозвідувальною експедицією в 2000–2002 рр. Аналіз гістограм (різновиди габроїдної породи 3, 4, 7) вмісту рудних мінералів показав, що, чим більш рівномірнозерниста і мілкозерниста порода, тим більший вміст у ній рудного мінералу.

Методика досліджень, що пропонується, дозволяє охопити зразки більш значної, порівняно із шліфами, площі. Таким чином, можливо швидко оцінити вміст рудного компоненту в окремих частинах родовища, у різновидах порід і в результаті визначити їх придатність до використання або як облицювального матеріалу, або як рудної сировини.

Таблиця 1

Геометричні характеристики структури поверхні габроїдних порід
(Федорівське титанове родовище)

Характеристика	Різновиди габроїдної породи							
	1	2	3	4	5	6	7	
Результати, отримані за допомогою методики, що пропонується								
Відносна площа рудних включень, %	4,0	5,1	5,2	2,5	10,9	10,2	5,3	
Типовий розмір зерен рудних мінералів, мм	0,35	0,35	0,35	0,57	0,23	0,11	0,23	
	
Середній розмір зерен рудних мінералів, мм	2,85	2,85	1,71	2,85	1,71	1,59	1,48	
Середній розмір зерен рудних мінералів, мм	1,37	1,14	0,68	1,22	0,67	0,84	0,67	
Максимальний розмір зерен рудних мінералів, мм	2,85	2,85	2,28	2,85	1,71	2,30	2,30	
Результати дослідження шліфів під мікроскопом								
Відносна площа рудних включень, %								
	– мінімальна	1	1	2	1	10	10	5
	– максимальна	7	7	10	7	17	17	16
– середня	4	4	5	4	15	15	10	
Типовий розмір зерен рудних мінералів, мм	до	до	0,5	до	0,1	0,1	0,5	
	3,0	3,0	...	3,0	
Максимальний розмір зерен рудних мінералів, мм	3,0	3,0	2,5	3,0	2,0	2,0	2,0	

Примітка. В таблиці цифрами позначені такі різновиди габроїдної породи:

- 1, 2, 4 – габро-аортозит, структура нерівномірно-зерниста, порфіроподібна, середньо-крупнозерниста;
- 3 – габро середньо-крупнозернисте, структура нерівномірно-зерниста;
- 5, 6 – габро-перидотит, структура нерівномірно-зерниста, дрібно-середньозерниста, місцями сидеритова;
- 7 – габро середньо-дрібнозернисте, структура рівномірнозерниста.

Приклади використання інформаційно-комп'ютерних технологій для наукових досліджень у гірничо-геологічній галузі наведено в [12], [16]. Прикладом використання інформаційно-комп'ютерних технологій для вирішення виробничих задач є автоматизований контроль якості поверхні облицювального каменю [17], [18].

Узагальнені результати виявлення і систематизації основних напрямків використання інформаційно-комп'ютерних технологій у гірничо-геологічній галузі відображені в табл. 2.

Таблиця 2

Напрямки застосування інформаційно-комп'ютерних технологій у гірничо-геологічній галузі

Наукова або виробнича задача	Об'єкт, що досліджується або контролюється	Апаратні засоби	Вимірювання і обробка відомостей	Обробка результатів вимірювань	Результат вирішення поставленої задачі
1	2	3	4	5	6
Промислове виробництво					
1. Планування процесів видобування блоків природного каменю з урахуванням анізотропних властивостей каменю	Зразки природного каменю, що відібрані з урахуванням їх початкового розташування і орієнтації в масиві природного каменю	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВКВ, ВГВ, СВЗ	Визначення анізотропних властивостей родовищ природного каменю	Рекомендації з видобутку блоків природного каменю з урахуванням анізотропних властивостей каменю
2. Планування процесів розпильовування блоків природного каменю та виготовлення промислових виробів з анізотропних властивостей каменю	Зразки природного каменю, що відібрані з блоків з урахуванням їх початкового розташування і орієнтації в блоках природного каменю	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВКВ, ВГВ, СВЗ	Визначення анізотропних властивостей блоків природного каменю	Рекомендації з виготовлення промислових виробів з блоків природного каменю з урахуванням анізотропних властивостей каменю
3. Створення електронних карт та цифрових паспортів родовищ природного каменю	Зразки природного каменю, що відібрані з урахуванням їх початкового розташування і орієнтації в масиві природного каменю	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВКВ, ВГВ, СВЗ	Введення результатів вимірювань в геоінформаційну систему	Електронні карти та паспорти родовищ природного каменю, що відображають динаміку зміни у просторі властивостей природного каменю, які суттєві для його видобутку і подальшого використання
4. Контроль якості промислових виробів з обліщувального каменю	Промислові вироби з обліщувального каменю	Цифрова відеокамера, обчислювальний пристрій (процесорний комп'ютер або мікроконтролер)	ВКВ, ВГВ, СВЗ	Порівняння результатів вимірювань для виробу, що контролюється, і еталону	Висновок про придатність промислових виробів до використання

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6
5. Визначення механічних характеристик природного каменю, що використовується в будівництві	Зразки природного каменю, що піддаються деформації і руйнуванню	Цифрова відеокамера, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВГВ, СВЗ	Визначення механічних характеристик на основі результатів вимірювань динаміки зміни геометричних розмірів зразка в процесі його деформації і руйнування	Механічні характеристики природного каменю
6. Створення баз даних для САПР у галузі архітектури, підбір будівельних та облицювальних виробів з урахуванням кольору та геометричних характеристик структурних елементів поверхні	Зразки природного каменю, будівельні та облицювальні виробі	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВКВ, ВГВ, СВЗ	Введення результатів вимірювань в базу даних, порівняння результатів вимірювань для різних зразків і виробів	База даних зразків природного каменю, рекомендації з підбору будівельних та облицювальних виробів для створення
7. Створення каталогів промислової продукції з природного каменю та віртуальних музеїв виробів з природного каменю	Зразки природного каменю та виробів з природного каменю	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВКВ, ВГВ, СВЗ	Введення результатів вимірювань в базу даних	Каталог промислової продукції з природного каменю, віртуальний музей виробів з природного каменю
Наукові дослідження					
8. Визначення та класифікація зразків гірських порід на основі дослідження їх кристалічної структури	Зразки гірських порід	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВКВ, ВГВ, СВЗ	Використання результатів вимірювань для класифікації зразків гірських порід	Визначення та класифікація зразків гірських порід

1	2	3	4	5	6
9. Дослідження геологічної будови та генезису масивів гірських порід, створення баз даних в галузі геології	Зразки гірських порід	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВКВ, ВГВ, СВЗ	Введення результатів вимірювань в базу даних або геоінформаційну систему	Висновки про геологічну будову та генезис масивів гірських порід, база даних, що містить відповідну інформацію
10. Гранулометричний аналіз осадових гірських порід	Зразки осадових гірських порід	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВГВ, СВЗ	Обчислення гранулометричного складу осадових гірських порід	Гранулометричний склад осадових гірських порід, висновок про генезис цих порід, висновок про можливість промислового використання цих порід
11. Визначення вмісту рудних включень в гірських породах	Зразки гірських порід	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВГВ, СВЗ	Обчислення відносного вмісту рудних включень в гірських породах	Відносний вміст рудних включень в гірських породах, висновок про можливість промислового використання цих порід
12. Визначення декоративних властивостей природного каменю	Зразки природного каменю	Планшетний сканер або цифровий фотоапарат, обчислювальний пристрій (персональний комп'ютер)	ВКВ, ВГВ, СВЗ	Обчислення відносної площі поверхні каменю, що має цінні декоративні властивості	Висновок про декоративні властивості природного каменю та можливість його промислового використання

Примітки:

1. В таблиці позначено:

ВКВ – вимірювання колориметричних величин за відеозображеннями поверхні природного каменю;

ВГВ – вимірювання геометричних величин за відеозображеннями поверхні природного каменю;

СВЗ – стиснення відеозображень поверхні природного каменю, яке забезпечує їх компактний розмір та можливість вимірювання колориметричних та геометричних величин з високою точністю.

2. Результати вирішення задач 10–12 можуть бути використані як при наукових дослідженнях, так і в промислового виробництві.

Висновки. В даній статті виявлено та систематизовано основні напрямки застосування інформаційно-комп'ютерних технологій та вимірювальної техніки, яка базується на цих технологіях, в гірничо-геологічній галузі. Насамперед це – наукові дослідження гірських порід та промислове виробництво, яке пов'язане з видобутком та обробкою природного каменю. Також узагальнено основні положення здійснених робіт та запропоновано до розгляду деякі можливі напрямки подальшого впровадження інформаційно-комп'ютерних технологій у гірничо-геологічну галузь.

Основою застосування інформаційно-комп'ютерних технологій є вимірювання колориметричних та геометричних характеристик поверхні зразків гірських порід та промислових виробів з природного каменю. Такі вимірювання виконуються шляхом формування і цифрової обробки відеозображень поверхні цих зразків та виробів. Результати колориметричних та геометричних вимірювань на відеозображеннях використовуються для вирішення наукових і виробничих задач в гірничо-геологічній галузі.

Запропонований підхід дозволяє отримати значний обсяг інформації про властивості гірських порід, який дуже складно зібрати за допомогою існуючих методів досліджень.

Таким чином, застосування інформаційно-комп'ютерних технологій в гірничо-геологічній галузі сприяє отриманню нових результатів і підвищенню ефективності досліджень гірських порід, а також сприяє підвищенню якості промислової продукції з природного каменю.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Михайленко В.В., Гніліцький В.В., Купкін Є.С., Подчашинський Ю.О. Дослідження можливості визначення інформаційних показників якості декоративного та облицювального каменю на підставі комп'ютерної обробки їхнього зображення: Звіт про ІДР (закл.) // УкрІНТЕІ: – Інв. № 0204U000748. – К., 2004. – 120 с.
2. Абламейко С.В., Лагуновский Д.М. Обработка изображений: технология, методы, применение. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1999. – 300 с.
3. Системы технического зрения (принципиальные основы, аппаратное и математическое обеспечение) / Под ред. А.Н. Писаревского, А.Ф. Чернявского. – Л.: Машиностроение, 1988. – 424 с.
4. Бакка Н.Т., Ильченко Н.В. Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник. – М.: Недра, 1992. – 304 с.
5. Годовиков А.А. Минералогия. – М.: Недра, 1983. – 647 с.
6. Добыча и обработка природного камня: Справочник / Под ред. А.Г. Смирнова. – М.: Недра, 1990. – 445 с.
7. Князев В.С., Копцова И.Б. Руководство к лабораторным занятиям по общей петрографии: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1991. – 128 с.
8. Логвиненко Н.В., Сергеева Э.И. Методы определения осадочных пород: Учебное пособие для вузов. – Л.: Недра, 1986. – 240 с.
9. Саранчина Г.М., Шижарев Н.Ф. Петрография магматических и метаморфических пород. – Л.: Недра, 1967. – 324 с.
10. Грабар І.Г. Термоактиваційний аналіз та синергетика: Наукова монографія. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 312 с.
11. Шарьгин М.Е. Сканеры и цифровые камеры. – СПб.: ВНУ – Санкт-Петербург, 2000. – 384 с.
12. Купкін Є.С., Подчашинський Ю.О., Ремезова О.О. Використання апаратних засобів формування цифрових відеозображень для дослідження зразків природного каменю // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2004. – № 2 (29). – С. 191–197.
13. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. Matlab. Обработка сигналов и изображений: Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002.
14. Іванов О.В., Купкін Є.С. Комп'ютерна програма визначення естетичних показників якості декоративного каменю // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2004. – № 4(31). – С. 201–208.

15. Кононов Ю.В. Металлоносность габброидных пород Украинского щита. – К: Наукова думка, 1985. – 156 с.
16. Бакка М.Т., Криворучко А.О., Купкін Є.С., Подчашинський Ю.О., Ремезова О.О. Визначення показників іризації декоративного каменю // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету. – 2004. – № 1 (11). – С. 19–25.
17. Бакка М.Т., Ремезова О.О., Криворучко А.О., Купкін Є.С., Подчашинський Ю.О. Визначення показників кольору та геометричних характеристик текстур облицювального каменю // Сборник научных трудов Национального горного университета. – 2004. – № 19. – Том 1. – С. 23–30.
18. Глицицкий В.В., Подчашинский Ю.А. Контроль качества поверхности изделий из облицовочного камня с использованием нейронных сетей // Материалы двенадцатой международной конференции “Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики”. – К. – Ялта: Ассоциация технологов-машинистроителей Украины, 2004. – С. 32–34.

КРИВОРУЧКО Андрій Олексійович – асистент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету

Наукові інтереси:

- гірництво;
- маркшейдерія.

КУШКІН Євген Савелійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- апаратні та програмні засоби обробки сигналів;
- цифрова обробка відеозображень.

ПОДЧАШИНСЬКИЙ Юрій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- методи вимірювання механічних величин;
- цифрова обробка відеозображень.

РЕМЕЗОВА Олена Олександрівна – кандидат географічних наук, доцент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- геологія.

Подано 24.01.2005