



Дослиництво

УДК 633.14:631.53 /532

Чернуський В. В.,
кандидат
сільськогосподарських наук

Інститут сільського
господарства Полісся НААН

ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗАЦІЇ І ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДОБОРУ В СИСТЕМІ СЕЛЕКЦІЇ ШЛЯХОМ АФІННОГО ВІДОБРАЖЕННЯ МАТРИЦЬ ЦИФРОВОЇ ФОТОГРАФІЇ НА АНАЛІТИЧНУ ПЛОЩИНУ

Вступ. В наукових дослідженнях широко застосовуються методи візуалізації на основі цифрових зображень. Методологія кількісної цифрової фотографії є підґрунтям для розробки методів автоматизованих фотографічних вимірювань на основі можливостей цифрової фотографії у поєднанні зі спеціалізованим програмним забезпеченням для їх обробки. *Мета досліджень.* Адаптація методології застосування принципів аналізу цифрових фото в системі селекції для отримання великих цифрових моделей селекційних зразків. *Методи.* Матричне оцифрування реальних фізичних об'єктів (рослин). Алгебраїчно-статистичний метод матричного аналізу. *Результати досліджень.* За результатами аналізу гістограм еталонних (з точним визначенням параметрів господарських ознак шляхом інструментального обрахунку даних) і експериментальних зразків, отримані порівняльні дані у вигляді відсотків на спектрального прояву кольору, який відповідає фізичному кольору конкретного органу рослини. Зразки, які становлять певний селекційний інтерес, проаналізовані в системі детальної сегментації зображень. Отримані електронно-цифрові журнали з записами параметрів ознак (довжина, ширина, площа тощо), виділених за кольором. На базі параметричних баз даних створені великі цифрові моделі цінних селекційних зразків у вигляді графічно візуалізованих аналітичних площин або алгебраїчних множин. За результатами багаторічних досліджень, починаючи з 2009 року сформована статистикотека фенопараметричних ступенів розвитку компонентних ознак урожайності відповідно до умов вегетаційного періоду. *Висновки.* Розроблено принципи і методологію формування великої інформаційної моделі параметричного різноманіття зразків селекційних розсадників. Формування фазово параметричного портрета системи дозволяє, шляхом виявлення басейнів тяжіння оптимізованих взаємозв'язків компонентних ознак, побудувати велику цифрову модель емерджентних синергетичних атракторів на траєкторіях онтогенетичного розвитку сумації врожаю, що є надзвичайно актуальним в умовах зміни клімату планети.

Ключові слова: електронно-цифрова матриця, параметричні компонентні ознаки, гістограма, сегментація, алгебраїчно-статистичний фазово-параметричний портрет.

Теорія „машинного зору” широко застосовується в галузях робототехніки, інформаційних технологій, медичної цитології тощо [1–4]. Зокрема в галузі рослинництва методи і моделі математичної класифікації об'єктів за ознаками на основі імунокомп'ютерингу знаходять своє застосування при вирішенні проблеми боротьби з рослинами-бур'янами [5].

В наукових дослідженнях у даній сфері також широко застосовуються методи візуалізації на основі цифрових зображень. Це пояснюється як можливістю об'єктивно документувати різноманітні явища та процеси, що надає фототехніка, так і наявністю ряду суттєвих пере-

ваг цифрових технологій над оком людини. Методологія кількісної цифрової фотографії є підґрунтям для розробки методів автоматизованих фотографічних вимірювань на основі можливостей цифрової фотографії у поєднанні зі спеціалізованим програмним забезпеченням для їх обробки [6–7].

В значно менших обсягах дана прогресивна технологія використовується у селекційних дослідженнях. Хоча паспортизація селекційних зразків у вигляді інформаційно-цифрових моделей параметрів цінних господарських ознак є перспективним напрямом в технології сучасної селекції, а електронні

матриці цифрової фотографії у вигляді попіксельних градієнтних відтінків кольорів є аналогами математичних множин кластерів морфометричних органів рослин.

Зокрема [8–10] запропоновані методи автоматичного визначення кількісних характеристик опущення листків. На думку авторів, в основі технологій високопродуктивного фенотипування рослин лежать методи оцифрування морфологічних ознак. Розробка швидких і відносно точних методів автоматичного визначення фенотипових ознак необхідна для проведення експериментів з дослідження взаємозв'язку генотипу та фенотипу, заснованих на аналізі тисяч рослин.

На базі даних методологічних рішень та методичних підходів багатьох інших авторів нами розроблена інноваційна модифікована система аналізу цифрових фотографій у вигляді математичних матриць з диверсифікацією їх відповідно до правил матричного аналізу у формалізовані статистичні візуалізовані графіки. Дані графіки у вигляді послідовних параметричних характеристик окремих компонентних ознак, а також їх системних взаємозв'язків надають змогу досліджувати темпорально-онтогенетичний розвиток селекційних зразків у вигляді поліномів, кватерніонів, фракталів, зважених графів, нейромережових карт Кохонена тощо, і зрівнювати їх між собою математично коректно. Таким чином, дана формалізована система дозволяє більш інформативно-верифіковано, значно продуктивніше і достовірніше (за сучасними принципами доповненої реальності) проводити порівняльну характеристику селекційних зразків, ніж в системі оковимірної аналогової оцінки. Адаптація методології застосування принципів аналізу цифрових фото в системі селекції для отримання великих цифрових моделей селекційних зразків є метою даних досліджень.

Методика досліджень. Аналіз і обробку матричної інформації цифрових фотографій проводили відповідно до запропонованих методик [2, 4, 11–14]. Експериментальні дані по визначенню параметричних даних рослин в селекційних розсадниках різного ієрархічного рівня отримані на культурах: житі озимому, люпині вузьколистому, пелюшці, картоплі впродовж 2011-2016 років. На першому етапі проводиться порівняльна характеристика аналізу гістограм цифрових зображень еталона (з відомими параметричними характеристиками господарських ознак) і експериментального зразка. Кожному кольору

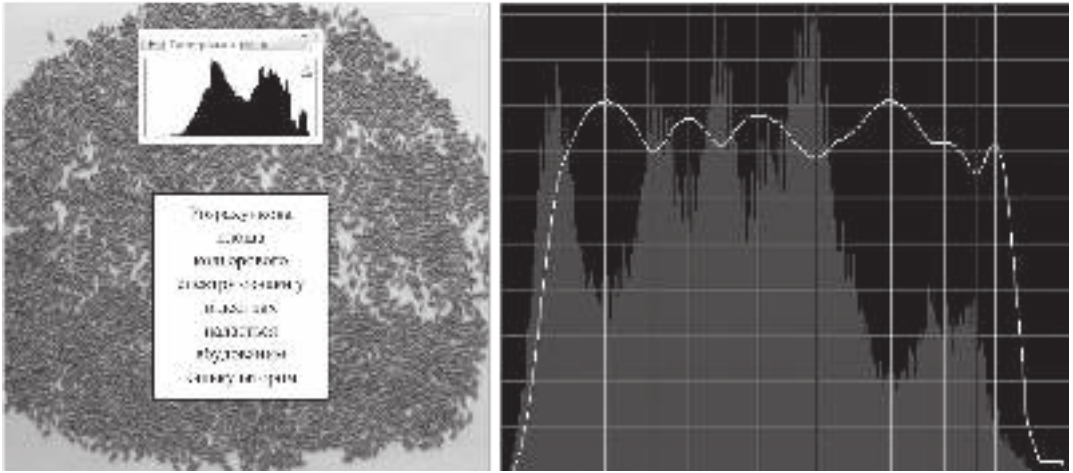
відповідного органу рослини відповідає свій цифровий спектр на гістограмі, наприклад, в системі RGB, оцифрована різниця в спектрах свідчить про різницю в параметричних показниках ознак еталону і зразка. Зразки, які становлять інтерес за параметрами ознак, надходять на другий етап аналізу.

Сегментація – одне з найголовніших завдань аналізу зображення, метою якого є отримання інформації, що містить зображення. Її важливість зумовлена тим, що це фактично один із перших етапів попередньої обробки зображення, який спотворює зображення. Тому його результати мають вирішальне значення для всіх наступних етапів. Отримання кількісних характеристик зображених об'єктів, формування їхніх ознак, а також класифікація значною мірою залежать від сегментації зображення. Сегментацією називаються розбиття зображення на області, які не перетинаються між собою, але ця сукупність покриває всю площу зображення. Ці області є однорідними за деякою ознакою, одночасно вирізняючись між собою за іншими. У більшості випадків задача сегментації зображення не має однозначного розв'язку, тому універсального методу не існує. При виборі методу сегментації повинен братись до уваги вид зображення, таким чином, щоб закладена у методі модель найбільш точно відповідала зображеному об'єкту дослідження [12].

Ми в своїх дослідженнях також використовували методику вимірювання фрактальної розмірності, яка здійснюється за допомогою квадро-дерев (quadtrees). Ця техніка являє собою регулярне квантування об'єкта за допомогою організації внутрішньої координати розміру. Геометричний образ фрактального об'єкта заключається в квадрат. Далі квадрат розбивається на чотири рівновеликі частини. Відкидаються ті, які не містять частин об'єкта. Частини, що залишилися, в свою чергу, розбиваються на чотири частини, з яких відкидаються порожні. З рештою описана процедура повторюється. В результаті утворюється покриття фрактала квадратами меншого розміру у все більш зростаючому числі, тобто відтворюється процес обчислення розмірності Хаусдорфа – Безиковича [13–14].

Композитно-об'єднана інтегральна оцінка параметричних ознак сукупності зразків проведена відповідно до методологічних принципів [15].

Рис. 1 Система аналізу кольорового спектру ознаки за гистограмою зображення



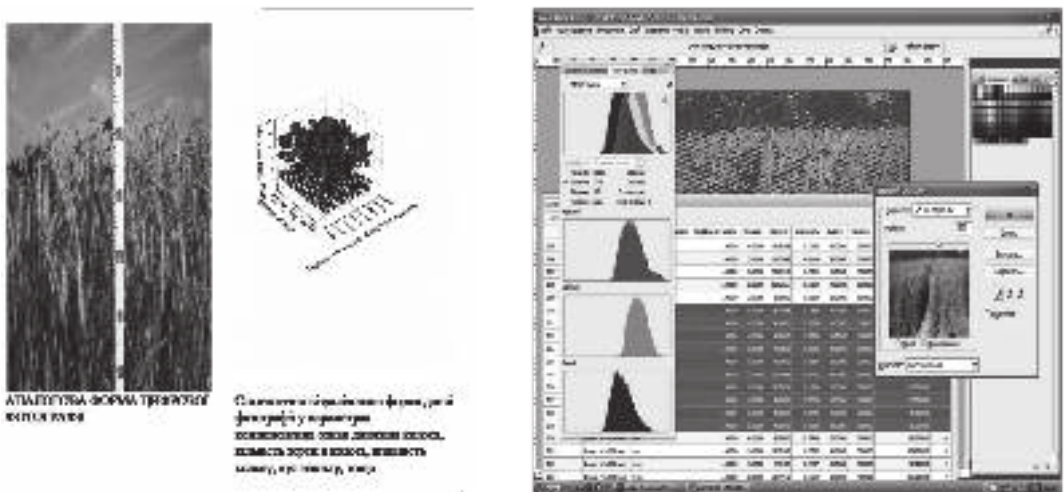
Результати досліджень. За результатами аналізу гистограм еталонних (з точним визначенням параметрів господарських ознак шляхом інструментального обрахунку даних) і експериментальних зразків, отримані порівняльні дані у вигляді відсотків по спектральному прояву кольору, який відповідає фізичному кольору конкретного органу рослини. За співвідношенням відсотків встановлюється коефіцієнт, на який множиться реальний параметричний показник ознаки еталону, отримана похідна характеризує параметри експериментального зразка. За даною методикою проаналізовані тисячі зразків з високим ступенем достовірності отриманих експериментальних даних. За своєю швидкістю і продуктивністю даний

метод значно переважає можливостіальної оковимірної оцінки селекційних зразків (рис. 1).

Зразки, які становлять певний селекційний інтерес, в подальшому аналізуються в системі детальної сегментації зображень. Отримуються електронно-цифрові журнали з записами параметрів ознак (довжина, ширина, площа тощо), виділених за кольором. На базі параметричних баз даних створені великі цифрові моделі цінних селекційних зразків у вигляді графічно візуалізованих аналітичних площин або алгебраїчних множин (рис. 2).

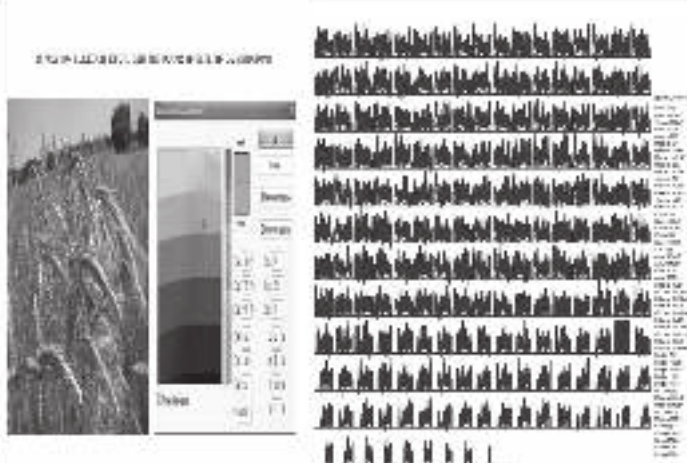
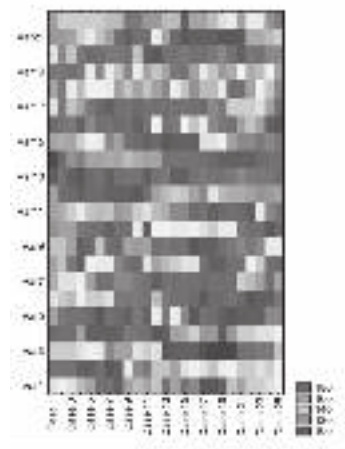
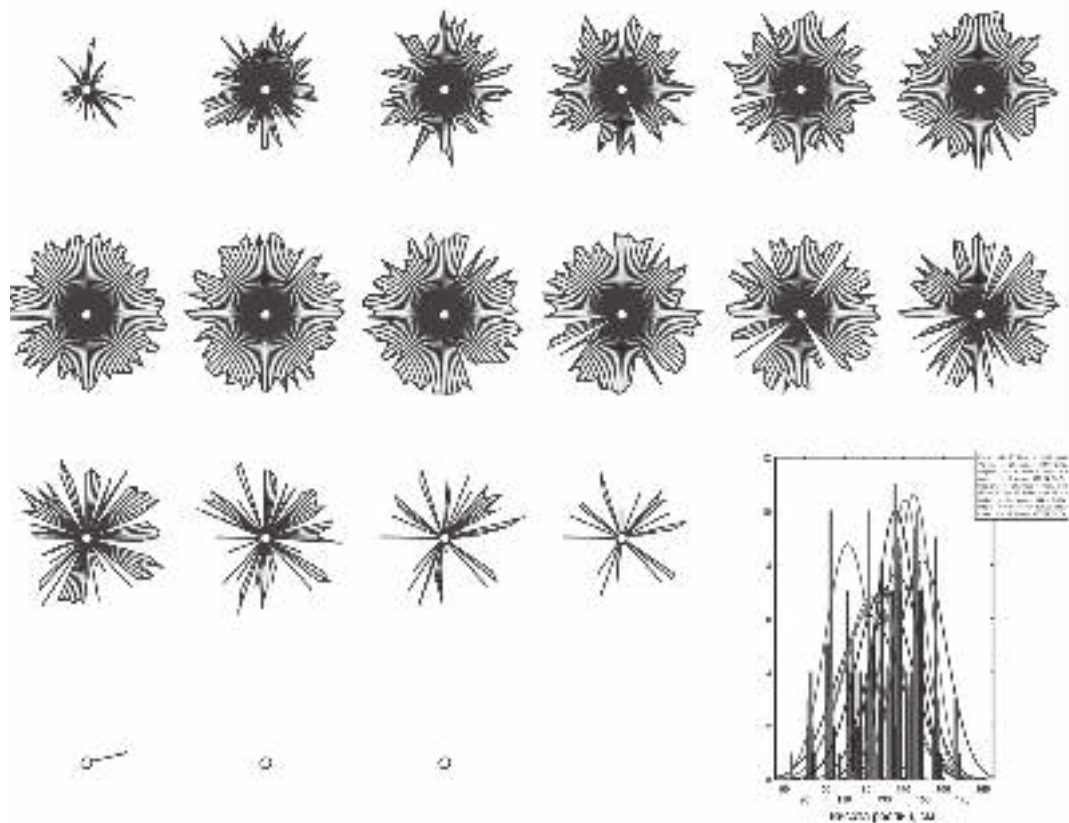
Дані аналітичні моделі в подальшому можна математично коректно порівнювати, об'єднувати у велику гіперматричну модель, топологічно транспонувати тощо (рис. 3).

Рис. 2 Система аналізу кольорового спектру ознаки за сегментацією зображення



Принципи автоматизації і візуалізації технологічних процесів добору в системі селекції шляхом афінного відображення матриць цифрової фотографії на аналітичну площину

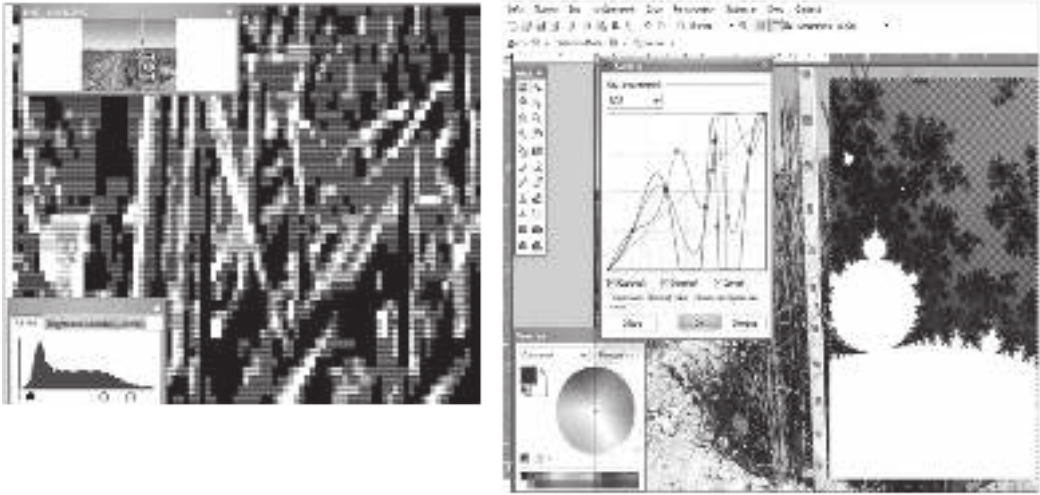
Рис. 3 Параметричні стани рослин у вигляді статистично-математичних множин верифікованих для аналітичної обробки, 2011–2017 рр.



Значну перспективу становить система аналізу цифрових фото шляхом фракталізації зображень. Отримані матриці надають змогу обробляти отриману інформацію в системі нейромереж. На даному етапі ми аналізуємо

дані про ступінь фрактальної заповненості певної площини (як гомоморфного афінного відображення реального об'єкта) біомасою, окремими органами рослини тощо у вигляді показника фрактальної розмірності D (рис. 4).

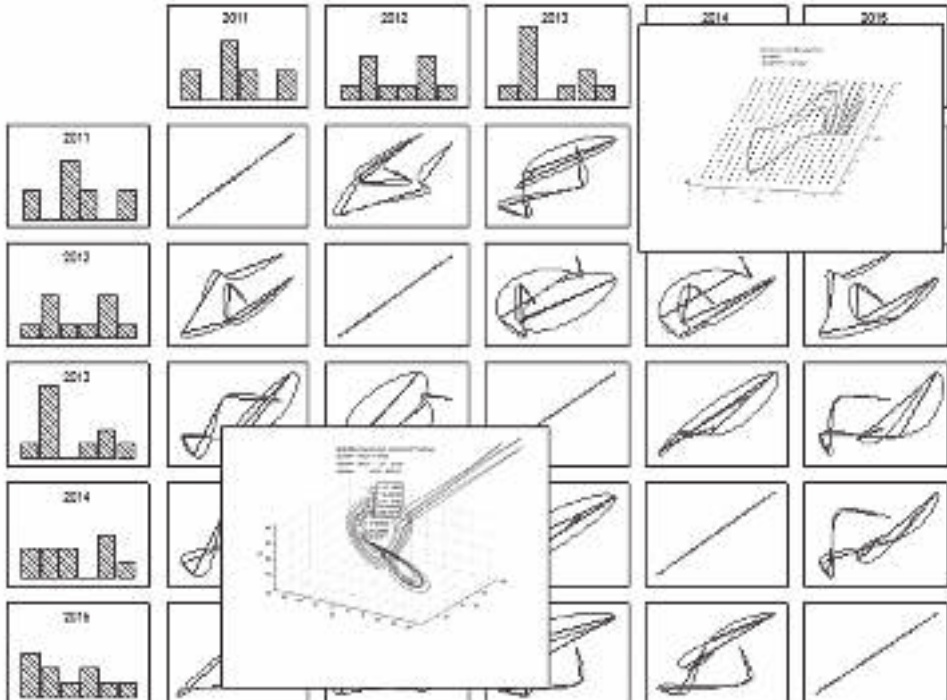
Рис. 4 Система аналізу кольорового спектру ознаки за фракталізацією зображення



За результатами багаторічних досліджень, починаючи з 2009 року, сформована статистикотека фенопараметричних ступенів розвитку компонентних ознак урожайності відповідно до умов вегетаційного періоду. Формування системного портрета тензорно градієнтної напруженості параметричного поля ознак за рівняннями Ван дер Поля, Лотки-Вольтери, Лоренца надає змогу побудови прогностичних

трендів урожаю. Таким чином, формування фазово параметричного портрета системи дозволяє, шляхом виявлення басейнів тяжіння оптимізованих взаємозв'язків компонентних ознак, побудувати велику цифрову модель емерджентних синергетичних атракторів на траєкторіях онтогенетичного розвитку сумачії врожаю, що є надзвичайно актуальним в умовах зміни клімату планети (рис. 5).

Рис. 5 Статистикотека фенопараметричних ступенів розвитку компонентних ознак урожайності селекційних номерів у конкурсному сортовипробуванні відповідно до умов вегетаційного періоду та система нелінійного аналізу їх фазово-параметричних портретів, 2011–2015 рр.



Принципи автоматизації і візуалізації технологічних процесів добору в системі селекції шляхом афінного відображення матриць цифрової фотографії на аналітичну площину

ВИСНОВКИ

Розроблено принципи і методологію формування великої інформаційної моделі параметричного різноманіття зразків селекційних розсадників. Параметричні стани рослин на різних етапах онтогенезу в різних умовах вегетації зберігаються у вигляді в т. ч. цифрових фотографій. Аналіз даних цифрових масивів за правилами сегментації зображень або порівняння гістограм об'єктів і еталонів (з відомими параметрами ознак) дозволяє сформувати математично коректні статистичні матриці. В подальшому дані матриці можна адитивно додавати, мультиплікативно перемножувати або транспонувати. Таким чином формується велика цифрова модель зразків і сортів у системі взаємозв'язків компонентних ознак при формуванні комплексної.

На даному етапі сформована статистико-тека фенопараметричних ступенів розвитку компонентних ознак урожайності відповідно до умов вегетаційного періоду. Формування системного портрета тензорно градієнтної напруженості параметричного поля ознак за рівняннями Ван дер Поля, Лотки-Вольтери, Лоренца надає змогу побудови прогностичних трендів урожаю. Таким чином, формування фазово параметричного портрета системи дозволяє, шляхом виявлення басейнів тяжіння оптимізованих взаємозв'язків компонентних ознак, побудувати велику цифрову модель емерджентних синергетичних атракторів на траєкторіях онтогенетичного розвитку сумарії врожаю, що є надзвичайно актуальним в умовах зміни клімату планети.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Девид А. Компьютерное зрение / А. Девид, Понс, Жан, Форсайт // Современный подход.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом „Вильямс“, 2004. – 928 с.
2. Norbert Brändle. Robust DNA microarray image analysis / Norbert Brändle, Horst Bischof, Hilmar Lapp // Machine Vision and Applications. – 2003. – №15: – С. 11–28.
3. Shuanhu Wu, Chuangcun Wang and HongYan. Mean Shift and Morphology Based Segmentation Scheme for DNA Microarray Images. D.S. Huang, X.-P. Zhang, G.-B. Huang (Eds.): ICIC 2005, Part II, LNCS 3645, pp. 41 – 50, 2005.
4. Luis Rueda and Li Qin. An Improved Clustering-Based Approach for DNA Microarray Image Segmentation. A. Campilho, M. Kamel (Eds.): ICIA 2004, LNCS 3212, 2004. – P. 17–24.
5. Зайцев С. А. Методы и модели автоматической классификации объектов по признакам на основе иммунокомпьютинга / С. А. Зайцев, С. А. Субботин // Радиоэлектроника, информатика, управління. – 2010. – № 2. – С. 117–124.
6. Пасічник О. А. Деякі методологічні аспекти застосування кількісної цифрової фотографії в наукових дослідженнях / О. А. Пасічник // Матеріали II міжнар. науково-практ. конф. [„Дні науки 2006“]. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2006. – Т. 30. – С. 10 – 12.
7. Пасічник О. А. Кількісна цифрова фотографія при трибологічних дослідженнях / О. А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 5 (96). – С. 45 – 49.
8. Genaev M. A. Extraction of quantitative characteristics describing wheat leaf pubescence with a novel image-processing technique / M. A. Genaev, A. V. Doroshkov, T. A. Pshenichnikova, N. A. Kolchanov, D. A. Afonnikov // Planta, 2012. – № 236. – P. 1943–1954.
9. Генаев М. А. Информационная поддержка селекционно-генетического эксперимента у пшеницы в системе WheatPGE. / М. А. Генаев, А. В. Дорошков, Т. А. Пшеничкова [и др.] // Математическая биология и биоинформатика. – 2012. – Т. 7. – № 2. – С. 410–424.
10. Генаев М. А. Компьютерная система WheatPGE для анализа взаимосвязи фенотип-генотип-окружающая среда у пшеницы / М. А. Генаев, А. В. Дорошков, Е. В. Морозова [и др.] // Вавилонский журнал генетики и селекции. – 2011. – Т. 15. – С. 784–793.
11. Haralick R. M. Image Segmentation Techniques / R. M. Haralick, L.M.G. Shapiro // Computer Vision. Graphics and Image Processing. – 1985. – 29, № 1. – P. 1124–1137.
12. Косаревич Р. Я. Визначення вагових коефіцієнтів для сегментації зображень структури матеріалів за допомогою побудови мінімального перерізу графа / Р. Я. Косаревич, М. І. Кобасяр, Б. П. Русин // Відбір та обробка інформації. – 2009. – Вип. 31. – С. 84–89.
13. Изотов А. Д. Фракталы: делимость вещества как степень свободы в материаловедении: монография / А. Д. Изотов, Ф. И. Маврикиди // – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 128 с.: ил.
14. Кроновер Р. М. Фракталы и хаос в динамических системах / Р. М. Кроновер // Основы теории. Москва: Постмаркет, 2000. – 352 с.
15. Гребенникова И.Г. Компьютерная программа интегральной оценки образцов тритикале / И. Г. Гребенникова, П. И. Степочкин, А. Ф. Алеяников // Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата – сб. тр. междунар. науч. конф. / АФИ – Санкт-Петербург, 2012. – С. 58 – 61.