

УДК 531.07:004.932

Т.О. Єльнікова, доц.
Житомирський державний технологічний університет

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФІТОПЛАНКТОНУ ЗА ЙОГО ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯМИ

(Представлено д.т.н., проф. Безвесільною О.М.)

Розроблено методику розрахунку точності вимірювань геометричних параметрів фітопланктону в автоматизованій системі на основі параметрів технічних засобів і параметрів алгоритмів обробки вимірювальної інформації.

Вступ. Результати вимірювань ГПФ та розрахунку його маси містять ряд похибок. Це пов'язано з тим, що в процесі формування, передачі і перетворення відеоінформації у вимірювальному каналі виникають похибки і викривлення, які мають вплив на точність вимірювань ГПФ та його біомаси. Вказані похибки пов'язані із загальними принципами перетворення візуальної інформації в цифрове відеозображення, з обраними характеристиками технічних засобів вимірювального каналу, з параметрами алгоритмів обробки вимірювальної відеоінформації. Тому досить важливою частиною вимірювань геометричних параметрів фітопланктону (ГПФ) є розрахунок похибок цих вимірювань.

Мета статті: розробити методику розрахунку точності вимірювань геометричних параметрів фітопланктону на відеозображеннях, що містять вимірювальну інформацію.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Перетворення відеоінформації в процесі вимірювань супроводжується виникненням похибок, які суттєво впливають на точність вимірювань геометричних параметрів фітопланктону. Основними складовими частинами загальної похибки визначення координат об'єктів вимірювань (екземплярів фітопланктону) на цифровому відеозображенні є:

- похибка, обумовлена дискретною структурою перетворювача “світло-сигнал” (ПЗЗ-матриці) в пристрої формування відеозображень;
- похибка, обумовлена квантуванням по рівню амплітуди відеосигналу при перетворенні відеозображення в цифрову форму;
- похибки, пов'язані з шумом в пристрої формування відеозображень;
- викривлення форми відеосигналу через обмеження його смуги частот в електронних схемах.

Для визначення загальної похибки визначення координат об'єктів вимірювань необхідні такі дані про параметри складових частин автоматизованої системи:

- кількість дискретних елементів по горизонталі і вертикалі (крок дискретності) в перетворювачі “світло-сигнал” цифрової відеокамери та відповідний розмір цифрового відеозображення в дискретних точках;
- поточне збільшення оптичної системи мікроскопа;
- кількість рівнів квантування амплітуди відеосигналу при перетворенні відеозображення в цифрову форму;
- рівень шумів (співвідношення сигнал-шум Ψ) цифрової відеокамери;
- верхня межа смуги частот відеосигналу.

Загальна схема розрахунку похибок вимірювань ГПФ на відеозображеннях, що містять вимірювальну інформацію, зображена на рис. 1.

Перерахунок похибки, обумовленої квантуванням амплітуди відеосигналу, і похибки, обумовленої шумом в цифровій відеокамері, в еквівалентне значення похибки визначення координат виконується на основі використання лінійної апроксимації перепадів яскравості на відеозображеннях [1].

Викривлення форми перепадів яскравості, що відповідають контурам об'єктів вимірювань, виникає через обмеження смуги частот відеосигналу в електронних схемах цифрової відеокамери та через обмеження, існуючі в оптичній системі.

При алгоритмічній обробці вимірювальної відеоінформації з метою визначення ГПФ та при розрахунку маси фітопланктону мають місце такі похибки [2]:

- трансформована похибка, яка є наслідком похибки вимірювань координат об'єктів вимірювань (екземплярів фітопланктону);
- похибка методу обчислень, обумовлена використанням чисельних методів при розрахунках геометричних параметрів та маси фітопланктону;

– похибка виконання обчислень, пов'язана з обмеженою розрядністю цифрових даних в ЕОМ та нейропроцесорі.

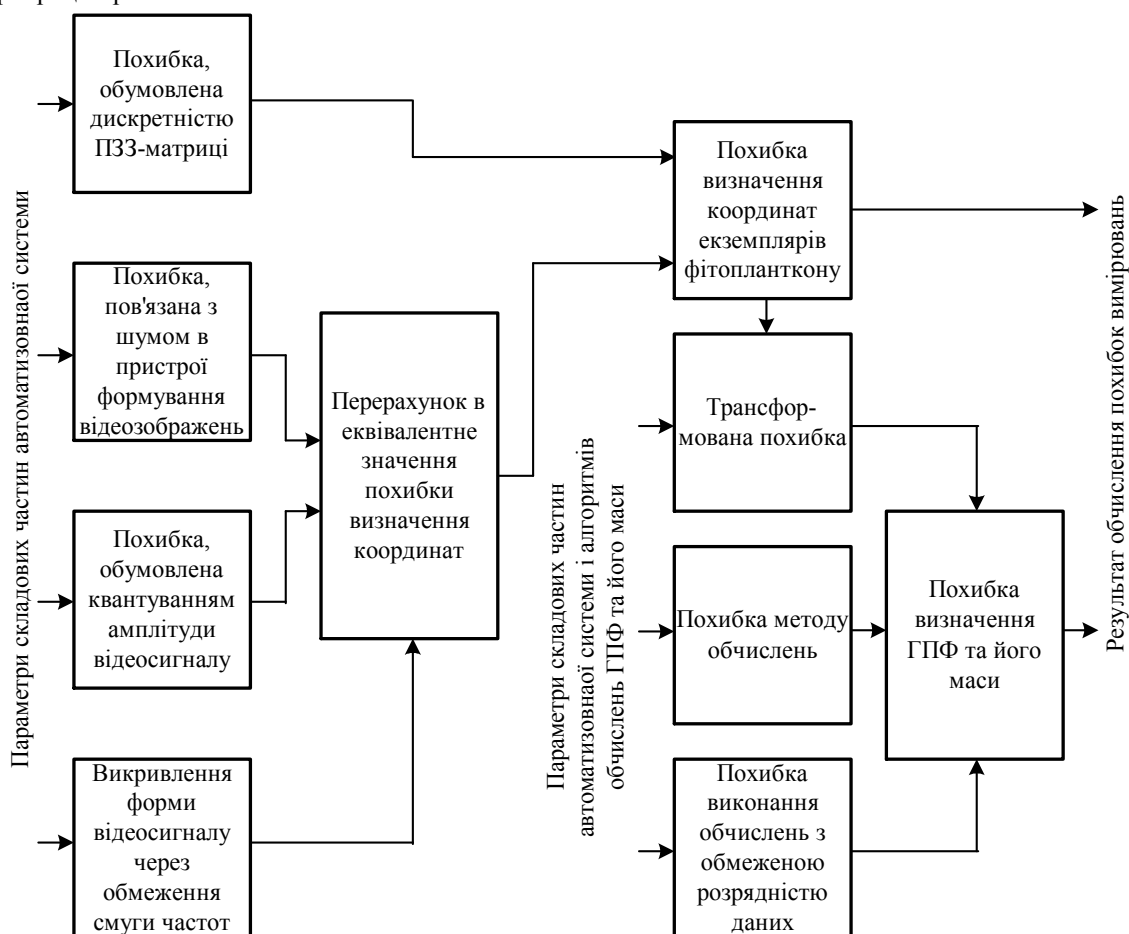


Рис. 1. Загальна схема розрахунку похибок вимірювань ГПФ

Для розрахунку загальної похибки визначення ГПФ та його маси використано такі дані про параметри складових частин автоматизованої системи і алгоритмів обробки вимірювальної інформації [1, 2]:

- загальна похибка вимірювання координат точок об'єктів вимірювань;
- формули і чисельні алгоритми, що використовуються для визначення ГПФ та його маси;
- особливості реалізації обчислювальних операцій, розрядність запам'ятовуючих і арифметичних пристроїв в ЕОМ та нейропроцесорі, які виконують обробку вимірювальної інформації.

Для визначення загальних похибок вимірювань на основі перерахованих складових частин використано такі методи обробки похибок [2]:

- метод максимуму-мінімуму для визначення максимально можливого значення похибки (виконується арифметичне додавання максимально можливих значень складових частин загальної похибки);
- теоретико-ймовірнісний метод для визначення середнього і середньоквадратичного значення загальної похибки (виконується квадратичне додавання значень складових частин загальної похибки).

При дослідженні ГПФ основою є вимірювання координат та лінійних розмірів екземплярів фітопланктону, що наявні на відеозображенні.

Широке застосування інформаційно-комп'ютерної техніки призвело до створення різноманітних технічних засобів отримання цифрових відеозображень, що містять вимірювальну відеоінформацію [3, 4, 5]. Ці засоби цілком здатні забезпечити отримання відеозображень проб води з фітопланктоном, розміщених у мікроскопі. Основними з цих засобів є цифрові фотоапарати та цифрові відеокамери. Вони можуть бути використані для формування цифрових відеозображень проб води. Отримані таким чином відеозображення придатні до алгоритмічної обробки з метою визначення ГПФ та його маси. Саме ці показники є початковими

даними для оцінки стану водойм господарсько-побутового призначення та прогнозування розвитку фітопланктону. Адже потенційні можливості фітопланктону до розмноження є досить високими, цей процес здатний дуже швидко виходити з-під контролю та досягати катастрофічних масштабів. Стан водойм при цьому суттєво змінюється, що в кінцевому рахунку призводить до значного погіршення якості питної води. Виходячи з вищесказаного, слід зауважити, що результати вимірювань ГПФ на відеозображеннях використовуються для розв'язання багатьох наукових і виробничих задач. Наприклад, важливою виробничою задачею є забезпечення якісного водопостачання населених пунктів. Це неможливо без контролю за процесами розвитку ГПФ у водоймищах, які використовуються для водопостачання населення.

Серед технічних характеристик мікроскопа та відеокамери найважливішою є розподільча здатність та точність вимірювань ГПФ. В даному випадку розподільча здатність складається з оптичної розподільчої здатності оптичної системи мікроскопа та розподільчої здатності відеокамери, що обмежується кількістю дискретних точок в ПЗС-матриці.

Вимірювальний комплекс на основі мікроскопа з вбудованою відеокамерою має схему об'єктив–тубус–телевізійна камера. В такому випадку зображення від об'єктива проектується безпосередньо на ПЗС-матрицю відеокамери.

Відомо, що розподільча здатність оптичної системи мікроскопа при спостереженні реальних об'єктів дорівнює:

$$\delta_{oc} = \frac{\lambda}{2A},$$

де λ – довжина хвилі світла; A – чисельна апертура об'єктива мікроскопа.

Чисельна апертура дає уяву про максимальне ефективне збільшення при добутку на 1000, тобто про таке збільшення, при якому два суміжні об'єкти вимірювань ще відрізняються як окремі.

В мікроскопі Micros 200T для видимого світла ($\lambda = 0,53$ мкм) та збільшення 400^x маємо:

$$\delta_{oc} = \frac{0,53 \text{ мкм}}{2 \cdot 0,65} = 0,41 \text{ мкм.}$$

Визначимо розподільчу здатність відеокамери. При збільшенні 400^x поле зору відеокамери по горизонталі складає 250 мкм, а розмір ПЗС-матриці дорівнює 640 дискретних точок. Тому розподільча здатність відеокамери:

$$\delta_{ек} = 250 \text{ мкм} / 640 = 0,39 \text{ мкм.}$$

Таким чином, характеристики оптичної системи та цифрової камери в мікроскопі є узгодженими між собою ($\delta_{ек} \approx \delta_{oc}$). Значення розподільчої здатності оптичної системи визначає мінімальну відстань між двома точками об'єктів вимірювань, для яких можуть бути зафіксовані різні значення координат в процесі вимірювань ГПФ. Значення розподільчої здатності відеокамери визначає похибку дискретності, що має місце при вимірюванні лінійних розмірів екземплярів фітопланктону.

Результати теоретичного розрахунку похибок вимірювань ГПФ для обраного складу технічних засобів (мікроскоп MS 200T, відеокамера CAM 2800) наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Теоретичний розрахунок похибок вимірювань ГПФ

Вид похибки	Систематична складова частина дискретних точок	Випадкова складова частина:		
		Максимальне значення дискретних точок	Середньоквадратичне значення дискретних точок	Закон розподілу
Похибка, обумовлена дискретністю напівпровідникового перетворювача "світло-сигнал"	0	1,000	0,577	рівномірний
Похибка, обумовлена квантуванням амплітуди відеосигналу	0	0,008*	0,005*	рівномірний
Шум на відеозображенні ($\Psi = 55$ дБ)	0	0,022*	0,007*	нормальний
Похибка, що виникає при обробці цифрових даних в прикладній програмі	0,500	0	0	–

Похибка визначення координат екземплярів фітопланктону	0,500	1,030	0,583	наближається до рівномірного
Похибка визначення координат екземплярів фітопланктону для збільшення мікроскопа 400 ^x	0,10 мкм	0,42 мкм	0,23 мкм	наближається до рівномірного
Похибка визначення лінійних розмірів екземплярів фітопланктону	0	2,060	0,816	наближається до трикутного
Похибка визначення лінійних розмірів екземплярів фітопланктону для збільшення мікроскопа 400 ^x	0	0,83 мкм	0,47 мкм	наближається до трикутного

Примітки: * – результат перерахунку на основі лінійної форми перепаду яскравості. Обчислено, виходячи з того, що для квантування амплітуди відеосигналу використовується 255 дискретних рівнів, а ширина перепадів яскравості в районі контурів фітопланктону дорівнює 4 дискретним точкам відеозображення.

Розрахунок похибки визначення координат точок контуру екземплярів фітопланктону виконано за розробленою методикою. Лінійні розміри (довжина та ширина) визначаються на основі координат опорних точок з координатами (x_i, y_i) і (x_j, y_j) , що належать контуру екземпляру фітопланктону і розташовані в одному рядку (стовпці) цифрового відеозображення. Тому лінійний розмір визначається як $l = x_j - x_i$ або $l = y_j - y_i$.

Для лінійних розмірів похибка методу обчислень в даному випадку дорівнює нулю. Оскільки координати точок є цілі числа, то похибка виконання обчислень в ЕОМ також дорівнює нулю [2, 3]. Систематична складова частина (середнє значення) трансформованої похибки дорівнює нулю, оскільки систематичні складові частини похибок визначення координат при відніманні взаємно компенсуються. Максимальне значення є сума максимальних значень похибок визначення координат. Середньоквадратичне значення розраховується шляхом квадратичного додавання середньоквадратичних значень похибок визначення координат.

Висновок. Згідно з розрахунком максимальна похибка визначення лінійних розмірів фітопланктону дорівнює близько ± 2 дискретним точкам. При використанні мікроскопа MICROS MC-200 з вбудованою цифровою відеокамерою САМ-2800 і збільшенні 400^x це забезпечує точність вимірювань лінійних розмірів фітопланктону близько ± 1 мкм.

Основними напрямками зменшення похибок вимірювань ГПФ є:

- використання більш досконалих технічних засобів (зменшення похибки, обумовленої дискретною структурою перетворювача “світло-сигнал”, та похибки виконання обчислень в ЕОМ);
- алгоритмічна обробка вимірювальної відеоінформації, в тому числі – фільтрація шумів та відновлення відеозображень після проходження через вимірювальний канал;
- використання ШНМ як нового і ефективного засобу обробки вимірювальної інформації про ГПФ.

Таким чином, розроблено методику розрахунку точності відеовимірювань ГПФ. Ця методика дозволяє визначити точність результатів вимірювань в автоматизованій системі на основі параметрів технічних засобів і параметрів алгоритмів обробки вимірювальної інформації. На основі даної методики також визначається склад технічних засобів автоматизованої системи для відеовимірювань ГПФ, що забезпечують потрібну точність вимірювань.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 480 с.
2. Соренков Э.И., Телига А.И., Шаталов А.С. Точность вычислительных устройств и алгоритмов. – М.: Машиностроение, 1976. – 200 с.
3. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах: Пер. с англ. – М.: Мир, 1969. – 396 с.
4. Голуб В. Линейные и матричные датчики изображений / Электронные компоненты и системы. – 2000. – № 4(32). – С. 4–5.
5. Шамша Б.В. Гуржій А.М. та ін. Математичне забезпечення інформаційно-керуючих систем. – Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. – 448 с.
6. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений. – М.: Издательство ЭКОМ, 1997. – 336 с.

ЄЛЬНІКОВА Тетяна Олександрівна – доцент кафедри екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- екологія та гідробіологія;
- математичне моделювання екологічних систем.

Подано 17.10.2008

Єльнікова Т.О. Методика розрахунку точності вимірювань геометричних параметрів фітопланктону за його відеозображеннями

Ельнікова Т.О. Методика расчёта точности измерений геометрических параметров фитопланктона по его видеозоизображениям

Elnikova T.O. Methodology of calculation of precision of geometric parameters of algae by theirs videoimages

УДК 531.07:004.932

Методика расчёта точности измерений геометрических параметров фитопланктона по его видеозоизображениям / Т.О. Ельнікова

Разработана методика расчёта точности измерения геометрических параметров фитопланктона в автоматизированной системе на основе параметров технических средств и параметров алгоритмов обработки измерительной информации.

УДК 531.07:004.932

Methodology of calculation of precision of geometric parameters of algae by theirs videoimages / Т.О. Elnikova

The methodology of calculation of precision of geometric parameters of the algae in automated system based on parameters of technical equipment and parameters of algorithms of processing of the measurement information was designed.