

ДОДАТОК 5.1.F (обов'язковий). Розрахунок результатів.

F.1 Загальні

Розраховують результати, використовуючи процедури, описані нижче. Результати можна зручно розрахувати за допомогою комп'ютерної програми.

F.2 Тест на однорідність розподілу волокнистих структур на сітках TEM

Для багатьох аналізів, проведених за допомогою цього аналітичного методу, кількість спостережуваних волокнистих структур є достатньо низькою, щоб статистичні тести на однорідність на основі відкритості сітки були надійними. Відповідно, потрібно провести тест на узгодженість між волокнистими навантаженнями окремих сіток TEM.

Розраховують середню кількість первинних структур на квадратний міліметр (щільність структури) та загальну кількість первинних структур, використовуючи всі дані з усіх досліджених сіток. За допомогою [таблиці F.1](#) розраховують 95 % довірчий інтервал для кількості первинних структур на квадратний міліметр. Розраховують кількість первинних структур на квадратний міліметр для кожної з сіток TEM, що беруть участь у вимірюванні.

Якщо кількість первинних структур на квадратний міліметр на кожній з сіток TEM, що беруть участь у вимірюванні, знаходиться в межах 95 %-го інтервалу для загального середнього значення, підрахунок структур є прийнятним. Якщо результат для окремої сітки знаходиться за межами загального 95 %-го довірчого інтервалу, результати цієї сітки відхиляють, а структури на додатковій сітці підраховують.

F.3 Розрахунок аналітичної чутливості

Розраховують аналітичну чутливість S , в структурах/літр, за [формулою \(F.1\)](#):

$$S = \frac{A_f}{k \times A_g \times V} \quad (F.1)$$

де

A_f - площа фільтра для відбору проб у мм²;

A_g - площа отвору сітки зразка для TEM у мм²;

K - кількість досліджених отворів сітки;

V - об'єм повітря, що відбирається, в літрах.

F.4 Розрахунок середнього значення та довірчого інтервалу концентрації структури

F.4.1 Загальне

У підрахунку структури, виконаному відповідно до цього документа, було відібрано певну кількість отворів сітки з сукупності отворів сітки, і необхідно визначити середню структуру отворів сітки для сукупності на основі цієї невеликої вибірки. Також потрібно визначити інтервал навколо середнього значення вибірки, який з імовірністю 95 % містить середнє значення сукупності.

F.4.2 Розрахунок середньої концентрації структури

Розраховують середню концентрацію структури, C , в структурах/літр, використовуючи [формулу \(F.2\)](#):

$$C = S * n \quad (F.2)$$

де

S - аналітична чутливість, виражена в кількості структур на літр;;

N - загальна кількість структур, виявлених на всіх досліджених отворах сітки

F.4.3 Розрахунок довірчих інтервалів

Розподіл структур на отворах сітки теоретично повинен наближатися до розподілу Пуассона. Через агрегацію волокон та ефекти ідентифікації, що залежать від розміру, фактичні дані підрахунку структур часто не відповідають розподілу Пуассона, особливо при великій кількості структур. Тому припущення, що дані підрахунку структур розподілені відповідно до розподілу Пуассона, може призвести до вузьких довірчих інтервалів, ніж це виправдано даними. Більше того, якщо припустити розподіл Пуассона, дисперсія пов'язана лише з загальною кількістю підрахованих структур. Відтак, підрахунок конкретної структури, проведений на одному отворі сітки, вважають таким, що має той самий довірчий інтервал, що і для тієї самої кількості структур, знайдених на багатьох отворах сітки. Однак площа фактично підрахованої вибірки є дуже малою порівняно з загальною площею фільтра, і з цієї причини структури потрібно підраховувати щонайменше на 4 отворах сітки, взятих з різних ділянок фільтра, щоб забезпечити репрезентативну оцінку родовища.

У випадку великої кількості структур, коли на кожну клітинку сітки припадає достатня кількість структур для оцінки дисперсії вибірки, розподіл можна наблизити до гауссового з незалежними значеннями середнього та дисперсії. Якщо оцінка дисперсії вибірки перевищує дисперсію, передбачену припущенням Пуассона, найбільш консервативним підходом до розрахунку довірчих інтервалів є використання гауссової статистики з дисперсією, визначеною за фактичними даними.

У випадку низької кількості структур неможливо отримати надійну вибірку оцінку дисперсії, а розподіл також стає асиметричним, але не обов'язково пуассонівським. Для 30 структур і менше розподіл стає настільки асиметричним, що пристосування до гауссового розподілу більше не є обґрунтованим, а оцінки вибіркової дисперсії є ненадійними. Відповідно, для кількості структур менше 31 для розрахунку довірчих інтервалів потрібно використовувати припущення про пуассонівський розподіл.

F.4.4 Приклад розрахунку 95 % довірчих інтервалів Пуассона

Для загальної кількості структур менше 4 нижня межа 95% довірчого інтервалу межа відповідає менш ніж одній структурі. Тому немає сенсу вказувати точки нижнього довірчого інтервалу для кількості структур менше ніж 4, а результат потрібно вказувати як «менше ніж» відповідної односторонньої верхньої 95% довірчого інтервалу розподілу Пуассона як подано нижче:

0 структур:	2,99 рази більше аналітичної чутливості
1 структура:	4,74 рази більше аналітичної чутливості
2 структури:	6,30 разів більше аналітичної чутливості
3 структури:	7,75 разів більше аналітичної чутливості

Для загальної кількості, що перевищує 4, 95 % довірчий інтервал розраховується за значеннями, наведеними в [таблиці F.1](#). У [таблиці F.1](#) наведено верхню та нижню межі двостороннього 95 % довірчого інтервалу Пуассона для кількості структур до 470.

F.4.5 Приклад розрахунку 95 % довірчих інтервалів Гауса

Розрахуйте вибірку оцінку дисперсії s^2 за [формулою \(F.3\)](#):

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} (n_i - n * p_i)}{(k - 1)} \quad (F.3)$$

де

n_i - кількість структур на i -му отворі сітки;

n - загальна кількість структур, знайдених у k отворах сітки;

p_i - частка загальної площі, що досліджується, яка представлена i -м відкриттям сітки;

k - кількість досліджених отворів сітки.

Якщо середнє значення кількості структур становить n , верхнє та нижнє значення 95 % довірчого інтервалу Гауса визначаються за [формулами \(F.4\)](#) та [\(F.5\)](#):

$$L_u = \frac{n}{k} + \frac{t * s}{\sqrt{k}} \quad (F.4)$$

де

$$L_l = \frac{n}{k} - \frac{t * s}{\sqrt{k}} \quad (F.5)$$

F.4.6 Підсумок процедури розрахунку результатів

L_u - є верхньою межею довірчої ймовірності 95%;

L_l - є нижньою межею довірчої ймовірності 95%;

n - загальна кількість структур у всіх досліджених отворах сітки;

t - значення "t" Стюдента (ймовірність 0,975) для $(k-1)$ ступенів свободи;

s - є стандартним відхиленням (квадратний корінь з вибіркової оцінки дисперсії);

k - кількість досліджених отворів сітки.

Підсумовуючи, дані підрахунку структур розраховують так:

- a) структур не виявлено: концентрація структур повинна бути вказана як менша ніж концентрація, еквівалентну односторонньому верхньому 95 % довірчому інтервалі розподілу Пуассона. Це дорівнює 2,99 рази аналітичній чутливості.
- b) від однієї до трьох структур: якщо підраховано від 1 до 3 структур, результат потрібно вказати як менший ніж відповідна одностороння верхня 95 % межу довіри для розподілу Пуассона. Вони є такими:
 - 1) одна структура: 4,74 рази аналітична чутливість;
 - 2) дві структури: 6,30 разів аналітична чутливість;
 - 3) три структури: 7,75-кратна аналітична чутливість.
- c) від чотирьох до 30 структур: Середня концентрація структури та 95 % довірчі інтервали повинні бути вказані на підставі припущення Пуассона, використовуючи значення, наведені в [таблиці F.1](#).
- d) понад 30 структур: якщо налічують понад 30 структур, розраховують як 95 % довірчий інтервал Гауса, так і 95 % довірчий інтервал Пуассона. Для вираження точності концентрації структур використовують

більший з цих двох інтервалів. Якщо для подання даних обрано 95 % довірчий інтервал Гауса, також зазначають 95 % довірчий інтервал Пуассона.

F.5 Розрахунок розподілу довжини, ширини та співвідношення сторін структури

F.5.1 Загальні

Всі розподіли наближаються до логарифмічно-нормального, тому інтервали діапазонів розмірів для розрахунку розподілу повинні бути розташовані логарифмічно. Інші характеристики, необхідні для вибору інтервалів розмірів, полягають у тому, що вони повинні забезпечувати достатню кількість класів розмірів, зберігаючи при цьому статистично значущу кількість структур у кожному класі. Інтерпретація також полегшується, якщо кожен клас розмірів повторюється з інтервалом в десять років, а межа класу розмірів становить 5 мкм. Співвідношення між класами 1,468 задовольняє всі ці вимоги, тому саме це значення потрібно використовувати. Розподіли, які є приблизно логарифмічно-нормальними, під час графічного зображення потрібно наносити на логарифмічну шкалу ординат і гаусову шкалу абсцис.

F.5.2 Розрахунок кумулятивного розподілу довжини структур

Цей розподіл дозволяє визначити частку від загальної кількості структур, які є коротшими або довшими ніж задана довжина. Його розраховують за допомогою [формули \(F.6\)](#):

$$C(P)_k = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} n_i}{\sum_{i=1}^{i=P} n_i} \times 100 \quad (F.6)$$

де

$C(P)_k$ - кумулятивна кількість відсотків структур, довжина яких менше верхньої межі k-го класу;

F.5.3

n_i - кількість структур в i-му класі довжини;

P - загальна кількість класів довжини.

Розрахунок кумулятивного розподілу чисел за шириною структури

Цей розподіл дозволяє визначити частку від загальної кількості структур, ширших або вузких ніж задана ширина. Його розраховують аналогічно до того, що використовують в [F.5.2](#), але з використанням ширини структури.

F.5.4 Розрахунок кумулятивного розподілу чисел за співвідношенням сторін структури

Цей розподіл дозволяє визначити частку від загальної кількості структур, співвідношення сторін яких менше або більше ніж задане співвідношення сторін. Його розраховують аналогічно до розрахунку, наведеного в [розділі F.5.2](#), але з використанням співвідношення сторін структури.

Таблиця F.1 – Верхня та нижня межі 95 % довірчого інтервалу Пуассона для підрахунку

Кількість структур	Нижня	Верхня	Кількість структур	Нижня межа	Верхня Межа	Кількість структур	Нижня межа	Верхня Межа
0	0	3,689 ^a	46	33,678	61,358	92	74,164	112,83
1	0,025	5,572	47	34,534	62,501	93	75,061	113,94
2	0,242	7,225	48	35,392	63,642	94	75,959	115,04
3	0,619	8,767	49	36,251	64,781	95	76,858	116,14
4	1,090	10,242	50	37,112	65,919	96	77,757	117,24
5	1,624	11,669	51	37,973	67,056	97	78,657	118,34
6	2,202	13,060	52	38,837	68,192	98	79,557	119,44
7	2,814	14,423	53	39,701	69,326	99	80,458	120,53
8	3,454	15,764	54	40,567	70,459	100	81,360	121,66
9	4,115	17,085	55	41,433	71,591	110	90,400	132,61
10	4,795	18,391	56	42,301	72,721	120	99,490	143,52
11	5,491	19,683	57	43,171	73,851	130	108,61	154,39
12	6,201	20,962	58	44,041	74,979	140	117,77	165,23
13	6,922	22,231	59	44,912	76,106	150	126,96	176,04
14	7,654	23,490	60	45,785	77,232	160	136,17	186,83
15	8,396	24,741	61	46,658	78,357	170	145,41	197,59
16	9,146	25,983	62	47,533	79,482	180	154,66	208,33
17	9,904	27,219	63	48,409	80,605	190	163,94	219,05
18	10,668	28,448	64	49,286	81,727	200	173,24	229,75
19	11,440	29,671	65	50,164	82,848	210	182,56	240,43
20	12,217	30,889	66	51,042	83,969	220	191,89	251,10
21	13,000	32,101	67	51,922	85,088	230	201,24	261,75
22	13,788	33,309	68	52,803	86,207	240	210,60	272,39
23	14,581	34,512	69	53,685	87,324	250	219,97	283,01
24	15,378	35,711	70	54,567	88,441	260	229,36	293,62
25	16,178	36,905	71	55,451	89,557	270	238,75	304,23

[illegible]

Таблиця F.1 (продовження)

[illegible]