

А. С. БЕРЛІН, І. Т. СТРЕПКО, Г. Н. ТИТОВ

МЕТОДИКА КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ АСПТІ

Відомі три види метрик, якими оцінюються функціональні показники якості АСПТІ [1]. Один з цих видів метрик оцінюється кількісно, тобто числом, а два інші — якісно.

До числа функціональних показників якості, які підлягають кількісній оцінці, відносяться: 1) точність автоматичної верстки елементів в межах полоси; 2) можливе число елементів верстки на одній полосі; 3) точність поділу слів при переносі.

Названі показники значною мірою визначають якість закладених в АСПТІ алгоритмів. Уміння об'єктивно оцінити якість алгоритмів актуальне в зв'язку з тим, що створено ряд алгоритмів, які призначені для розв'язання одних і тих самих задач. Вибір з них найкращого підвищуватиме ефективність АСПТІ. З усіх алгоритмів, які становлять основу програмного забезпечення АСПТІ, найбільш складним і відповідальним є алгоритм пакетної верстки книжкових видань. Він же переважно впливає на ефективність системи в цілому, оскільки визначає не лише витрати машинного часу, але і якість автоматичної верстки книжкових полос. Недопрацьований або просто «слабкий» алгоритм призведе до збільшення обсягів правки зверстаних полос через свою недосконалість. Якість алгоритму верстки визначається першими двома названими показниками.

Розглядаючи тільки один будь-який алгоритм, наприклад пакетної верстки, неможливо знайти показники, за якими можна було б оцінити його якість. У такій постановці питання можна ставити лише так: якою мірою алгоритм задовільняє вимогам виробництва і поняття «якість» стає відносним поняттям.

Об'єктивно оцінити якість алгоритму можна лише шляхом порівняння його за певними вибраними або встановленими показниками (критеріями) з іншим аналогічним алгоритмом. При такій порівняльній оцінці можна говорити про те, який з порівнюваних алгоритмів є кращим.

Отже, питання зводиться до вибору таких кількісних показників для порівняльної оцінки, які б повно та надійно забезпечували об'єктивність виконаної оцінки. Наступний крок — розробка методики обчислень вибраних кількісних показників, а також методики оцінки точності та надійності проведених обчислень. Якщо показники якості надійно і точно визначені, можна стверджувати, що оцінка якості алгоритмів буде об'єктивною та достовірною.

У роботі [1] показниками якості алгоритму верстки вибрані коефіцієнти точності верстки (КТВ) і кількість елементів верстки на одній полосі. Там же наведені визначення та методика оцінки названих показників якості.

Таким чином, виникає важливе питання оцінки достовірності отриманих дослідним шляхом кількісних даних, тобто тих, які оцінюються першим видом метрик.

Всі три розглянуті показники є випадковими величинами. Тому для кількісної надійності та точності їх визначення використаємо апарат теорії імовірностей. Запропоновану методику розглянемо на прикладі оцінки точності автоматичного заверстування елементів у межах полоси. Цей показник оцінюється рядом коефіцієнтів точності верстки КТВ. Кожен такий коефіцієнт визначається відношенням числа правильно заверстаних полос з одним, двома, трьома і т. д. елементами верстки на одній полосі до загального числа полос видання з такою ж кількістю елементів на полосі. При оцінці цього показника викликають інтерес такі дві задачі:

1. З якою точністю та надійністю отримані значення КТВ при обробці системою одного замовлення?

2. З якою точністю та надійністю отримані значення КТВ при обробці системою декількох замовлень.

Друга задача дає змогу кількісно оцінити якість алгоритму верстки, що дуже важливо для об'єктивної порівняльної оцінки якості декількох алгоритмів. Більш якісний алгоритм верстки буде мати і більш високі значення КТВ.

Задача 1. Оцінка точності та надійності КТВ при обробці одного замовлення.

Кожне значення КТВ є частотою зустрічності W_i появи правильно зверстаних полос, отриманих в серії з n_i дослідів. Відповідно до [1] значення W_i визначають за формулою

$$W_i = n_{i\alpha} / n_i, \quad (1)$$

де $n_{i\alpha}$ — число якісно зверстаних полос з i елементами верстки на одній полосі; n_i — загальне число полос з i елементами.

Значення i лежать у проміжку $1 \leq i \leq 5$, тобто розраховуються полоси з числом елементів верстки не більш п'яти, оскільки полоси з більшим числом елементів зустрічаються дуже рідко, а ймовірність їх якісної верстки незначна.

Виходячи з поставленої задачі, необхідно визначити невідомі ймовірності P_i подій A_i за відомою частотою зустрічності W_i в

серії з n_i дослідів. Під подіями A_i розуміють якісну верстку полос, що містять i елементів верстки на одній полосі.

Подібна задача розглянута в роботі [2]. Частота події A в серії з n незалежних дослідів наближається до ймовірності P із зростанням n . Тому невідома ймовірність P_i може бути оцінена з певною точністю відомою частотою зустрічності W_i . Отже, виникає необхідність визначення точності та надійності оцінки P_i за частотою зустрічності. З цією метою використаємо відомі поняття довірчої ймовірності та довірчого інтервалу.

Границі довірчого інтервалу P_{1i} і P_{2i} для кожного значення i визначаються такими залежностями [2]:

$$P_{1i} = \frac{1}{1 + t_{\beta}^2/n_i} (W_i + t_{\beta}^2/2n_i - t_{\beta} \sqrt{W_i(1 - W_i)/n_i + t_{\beta}^2/4n_i^2}); \quad (2)$$

$$P_{2i} = \frac{1}{1 + t_{\beta}^2/n_i} (W_i + t_{\beta}^2/2n_i + t_{\beta} \sqrt{W_i(1 - W_i)/n_i + t_{\beta}^2/4n_i^2}); \quad (3)$$

де t_{β} — число середніх квадратичних відхилень σ для нормального закону розподілу, яке необхідно відкласти вправо і вліво від центра розсіювання (у нашому випадку центр розсіювання розміщений на координаті W_i) для того, щоб ймовірність попадання в довірчий інтервал, замкненого значення P_{1i} та P_{2i} дорівнювала β . Ймовірність β є довірчою.

Таким чином, довірчий інтервал для ймовірності P_i буде

$$I_{\beta} = (P_{1i} \leq P_i \leq P_{2i}) \quad (4)$$

Значення довірчого інтервалу залежить від довірчої ймовірності β . Для практичних цілей оцінки P_i цілком достатньо прийняти $\beta = 0,8$. Це означає: з ймовірністю 0,8 можна стверджувати, що шукана ймовірність знаходиться всередині довірчого інтервалу, а ймовірність перебування P_i за межами інтервалу дорівнюватиме лише 0,2. Звичайно, що зі зростанням β збільшиться і довірчий інтервал.

Коефіцієнт t_{β} , який необхідний для розрахунків за формулами (2) і (3) і визначає довірчий інтервал, береться з таблиць значень функції Лапласа [2].

Наведені міркування та залежності справедливі для випадку розподілу W_i зі зростанням n_i за нормальним законом. Для застосування цієї умови за [2] достатньо того, щоб добутки $n_i W_i$ і $n_i q_i$ були більші чотирьох, де $q_i = 1 - W_i$.

Зі зростанням n_i значення $t_{\beta}^2/2n_i$ і $t_{\beta}^2/4n_i^2$ в формулах (2) та (3) прямує до нуля. Тому для великих n_i з достатньою точністю формули (2) та (3) можна записати в спрощеному вигляді:

$$P_{1i} = W_i - t_{\beta} \sqrt{W_i q_i / n_i}; \quad (5)$$

$$P_{2i} = W_i + t_{\beta} \sqrt{W_i q_i / n_i}. \quad (6)$$

Наближеними формулами (5) та (6) з достатньо високою точністю можна користуватися, коли добутки $n_i W_i$ і $n_i q_i$ не мен-

ші десяти. В протилежному випадку потрібно використовувати формули (2) і (3).

Задача 2. Оцінка ймовірностей виконана за формулами (2) і (3), (5) і (6) відображає кількісні характеристики — межі довірчого інтервалу, усередині яких знаходяться справжні значення КТВ при випуску тільки одного видання.

Однак значення КТВ, одержані при випуску лише одного замовлення, не можна визнати надійними, оскільки ці показники будуть мінятися в досить широких межах при випуску видань різної складності. Із збільшенням складності замовлення значення КТВ будуть зменшуватися. Тому для надійної оцінки значень КТВ необхідно знати межі їх зміни, тобто межі довірчих інтервалів при випуску N видань. Саме за такої постановки питання може бути дана оцінка якості алгоритму верстки.

При випуску N видань значення КТВ не залишаються постійними — вони міняються в певних межах довірчого інтервалу. Якість алгоритму верстки може бути оцінена двома показниками (для кожного значення i — від 1 до 5): середнім, найбільш імовірним значенням КТВ і значенням довірчого інтервалу (при заданій довірчій імовірності). Тобто для оцінки якості алгоритму верстки визначають середнє значення КТВ і довірчий інтервал, усередині якого знаходиться дійсне значення КТВ для всіх значень i .

Маючи такі дані для декількох алгоритмів верстки, перевагу віддають тому, який забезпечує більші середні значення (математичні сподівання) КТВ і більші значення меж довірчих інтервалів для $i = \text{const}$.

Аналогічна задача по визначенню математичних сподівань і довірчих інтервалів для кожного n розглянута в роботі [2].

Нехай проведено n незалежних дослідів над випадковою величиною X , характеристики якої — математичне сподівання m і дисперсія D — невідомі. Оцінки цих параметрів можуть бути одержані з формул [2]

$$\tilde{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i; \quad D = \frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (X_i - \tilde{m})^2. \quad (7)$$

Потрібно знайти довірчий інтервал, який відповідає вибраній довірчій ймовірності β , для математичного сподівання m величини X .

Величина \tilde{m} (знак над символом означає, що ми маємо справу з оцінкою шуканої величини, яка отримана дослідним шляхом) представляє собою суму з n незалежних, однаково розподілених випадкових величин X_i . Тому відповідно до центральної теореми при достатньо великому n її закон розподілу близький до нормального. На практиці навіть при відносно невеликому числі дослідів (10-20) закон розподілу сум, які отримані з формул (7), можна вважати нормальним, тобто вважатимемо, що \tilde{m} розподілена за нормальним законом. Характеристики цього закону — математичне сподівання та диспер-

сія — відповідно дорівнюють m і D/n , а середньоквадратичне відхилення $\sigma = \sqrt{D/n}$ оцінки m . Значення довірчого інтервалу при заданій довірчій імовірності оцінюється аналогічно розглянутому вище.

Стосовно до нашого випадку, задача 2 розв'язується так. Випуск N замовлень еквівалентний проведенню N дослідів, в результаті чого ми отримуємо ряд значень КТВ (тієї величини, що в загальному випадку ми позначили через X). Цей ряд може бути записаний таким чином: $W_{11}, W_{12}, \dots, W_{1N}; W_{21}, W_{22}, \dots, W_{2N}; W_{31}, W_{32}, \dots, W_{3N}$ і т. д. Тобто є ряд значень W_{iN} , де i — кількість елементів верстки на одній полосі, а N — кількість випущених замовлень. Таким чином, ряд значень $W_{11}, W_{12}, \dots, W_{1N}$ — це ряд КТВ випадкової величинин для полос з одним елементом верстки. Наприклад, W_{12} — це значення КТВ з одним елементом верстки, яке отримане при випуску другого замовлення.

Для кожного значення i потрібно знайти довірчі інтервали, що відповідають довірчій імовірності β , усередині яких знаходяться математичні сподівання m_i величин W_i , які отримані при випуску N замовлень. Ці значення математичних сподівань для кожного i відповідно до (7) визначають за формулами

$$m_1 = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^N W_{1a}; \quad m_2 = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^N W_{2a}, \dots, \quad m_5 = \frac{1}{N} \sum W_{5a}. \quad (8)$$

Довірчий інтервал для кожного i визначається так:

$$I_i = (m_i - t_\beta \sigma_i; \quad m_i + t_\beta \sigma_i), \quad (9)$$

де $\sigma_i = \sqrt{D_i N}$, а дисперсія D_i — за формулою (7):

$$D_i = \frac{1}{N-1} \sum_{a=1}^N (W_{ia} - m_i)^2. \quad (10)$$

У результаті виконаних розрахунків математичне сподівання (для кожного i) показує найбільш імовірне значення КТВ для одного, двох, і т. д. елементів верстки на полосі. Довірчі інтервали визначають межі, всередині яких розміщені дійсні значення КТВ.

При оцінці декількох k алгоритмів верстки аналогічні розрахунки проводяться для кожного алгоритму. Одержані дані порівнюють між собою: m_1^k — з $m_1^1, m_1^2, \dots, m_1^k$; m_2^k — з $m_2^1, m_2^2, \dots, m_2^k$ і т. д., де m — значення КТВ з i елементами верстки на полосі та з k алгоритмом верстки. Той алгоритм вважається кращим, який має більше значення m_i , при тому, що межі довірчого інтервалу зміщені в сторону більших чисел.

Аналогічно розглянутому визначаються надійність та достовірність і таких показників якості, як можливе число елементів верстки на одній полосі та точність поділу слів при переносі.

Таким чином, запропонована методика дає змогу кількісно та об'єктивно оцінити точність та достовірність отриманих при обробці оцінок, а при порівняльних дослідженнях декількох алгоритмів верстки, або переносів — виявити найкращий.

1. Берлин А. С., Бриллиант М. Д. АСПТИ: Оценка качества систем // Полиграфия. 1985. № 11. 2. Венцель Е. С. Теория вероятностей. М., 1984.

Стаття надійшла до редколегії 18.02.89
