

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 519.6

**Василь Бритковський**  
Українська академія друкарства

### СИНТЕЗ, ОПТИМІЗАЦІЯ І МОДЕЛЮВАННЯ РЕДАКТОРА АВТОМАТИЗОВАНОГО НАБОРУ ФОРМУЛ ТЕОРІЇ СЕКВЕНЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ

© Бритковський Василь, 2001

**Описано синтез і оптимізацію структури редактора автоматизованого набору формул алгоритмів.**

**Described a synthesis and optimization structures editor of an automatized admission of the formulas of algorithms.**

У системі автоматизованого набору і редагування інструментальними засобами повинні бути знаки операцій [1]. Знак операції секвентування, елімінування, паралелення та інвертування потрібно вирисовувати так: вибрати необхідний інструмент із зображенням операції. Натисканням “мишки”, коли курсор знаходиться на робочій області графічного вікна екрана, вводиться початок і кінець знака операції. Після виконання таких дій повинен автоматично згенеруватися вибраний знак операції із збереженням встановлених співвідношень, яке є між шириною і висотою знака операції теорії секвенційних алгоритмів.

Терми мають вводитися так: вибирається інструмент текст, курсор встановити у потрібне місце робочого поля системи і набрати текстові символи з клавіатури.

Знаки операцій циклічного секвентування, елімінування паралелення повинні вводитися так: вибирається інструмент – відповідний знак операції, “мишкою” переміщується курсор у потрібне місце робочої області і після натискання клавіші “мишки” знак відповідного розміру, автоматично повинен вирисуватись у заданому місці.

Переміщення має здійснюватись так: вибирається інструмент “об’єкт”, переміщується курсор “мишки” в межі необхідного знака операції і натисканням клавіші “мишки” повинен виділитися даний знак операції, далі натиснути ліву клавішу “мишки” на виділеному знаку операції, знак повинен “прив’язатися” до курсора “мишки” і його можна переміщувати в будь-яке місце робочої області.

Система автоматизованого набору і редагування формул теорії секвенційних алгоритмів матиме меню, функціями якого буде робота з даними системи; редагування знаків операцій: копіювання, вирізання вставляння, знищення; задання параметрів знаків операцій і елементів термів, встановлення параметрів робочого вікна системи і надання допомоги користувачеві. Розроблені аналітичні залежності співвідношень розмірів знаків операцій описуються такими формулами:

$$\text{– секвентування} \quad b = 2(\sqrt{l} + 2), \quad \text{– елімінування} \quad b = 2\left(\frac{\sqrt{l}}{2} + 2\right),$$

– паралелення  $b = \frac{\sqrt{l}}{2} + 2$ , де  $b$  – ширина,  $l$  – довжина знаків операцій.

**Синтез загальної структури системи.** Загальна структура синтезується термами задання початкових значень змінних і параметрів опису функціонування інструментальних засобів і функцій меню, які є основою системи автоматизованого набору і редагування формул теорії секвенційних алгоритмів.

Формула, яка описує загальну структуру системи, наведена секвенцією (1)

$$\overbrace{L_{1-7}; F_0}, \quad (1)$$

де  $L_{1-7}$  – секвенція задання початкових значень змінних і параметрів [2].

$$F_0 = \mathcal{C} u F_1,$$

де  $\mathcal{C} u$  – цикл за умовою виходу із системи ( $u$ ).

$$F_1 = \overbrace{S_1, S_2, u^{-?}},$$

де  $S_1$  – секвенція, що описує випадок, коли функції системи виконуються один раз і відбувається вихід із системи,  $S_2$  – секвенція, що описує випадок коли функції системи виконуються циклічно.

$$S_1 = \overbrace{F_2; L_{28}}, \quad S_2 = \overbrace{F_2; c_u},$$

де  $L_{28}$  – терм виходу із системи;  $c_u$  – ознака повернення на початок циклу за умовою  $u$ ;  $F_2$  – терм функцій системи.

$$F_2 = \mathcal{C} i F_3,$$

де  $F_3$  – терм вибору і виконання функцій системи.

$$F_3 = \overbrace{S_3, S_4, u_i^{-?}},$$

де  $S_3$  – секвенція виконання функцій системи;  $S_4$  – секвенція, яка описує випадок, коли не виконується жодна з функцій;  $u_i$  – умова вибору  $i$ -ї функції системи.

$$S_3 = \overbrace{L_i; c_i}, \quad S_4 = \overbrace{*; c_i},$$

де  $*$  – порожній терм;  $L_i$  – терм, що описує  $i$ -ту функцію системи;  $c_i$  – ознака повернення на початок циклу за змінною  $i$ .

Підставивши в (1) замість  $F_0, F_1, F_2, F_3, S_1, S_2, S_3, S_4$  їхні значення, отримаємо формулу, яка описує загальну структуру системи автоматизованого набору, редагування і моделювання формул теорії секвенційних алгоритмів.

**Синтез структури інструментальних засобів системи.** Генерація знака операції інвертування в системі описана такою секвенцією:

$$M_1 = \overbrace{A; B; C; D; L_{2.9}},$$

де  $A$  – терм задання початкових значень змінних і параметрів;  $B$  – введення координат в робочій області натискання клавіші “мишки”, яке відбулося раніше;  $C$  – кількість натискань клавіші “мишки” в робочому полі;  $D$  – фіксація кінцевих координат знака операції;  $L_{2.9}$  – автоматичної генерації графіки знака операції інвертування.

При невиборі інструмента знаків операцій, а наявності двох натискань клавіші “мишки” в робочій області системи, генерація графіки знаків операцій не відбувається, що описується такою секвенцією:

$$M_2 = \overbrace{A ; B ; C ; D ; *}$$

Для генерації знака операції паралелення в системі синтезуємо таку секвенцію:

$$M_3 = \overbrace{A ; B ; C ; D ; L_{2.8}}$$

де  $L_{2.8}$  – терм генерації графіки знака операції паралелення.

Секвенція

$$M_4 = \overbrace{A ; B ; C ; D ; L_{2.7}}$$

де  $L_{2.7}$  – терм генерації графіки знака операції елімінування, описує автоматичну генерацію знака операції елімінування.

Синтезуємо таку секвенцію:

$$M_5 = \overbrace{A ; B ; C ; D ; L_{2.6}}$$

де  $L_{2.6}$  – терм генерації графіки знака операції секвентування, яка описує автоматичне вирисовування в робочій області системи знака операції секвентування.

Коли в робочій області системи відбулось тільки одне натискання клавіші “мишки” і при цьому попередньо не було здійснено вибору ні однієї піктограми інструментів, то синтезуємо таку секвенцію:

$$M_7 = \overbrace{A ; B ; C ; N ; *}$$

де  $N$  – терм фіксації координат першого натискання клавіші “мишки”, якою не здійснюється генерація знаків операцій.

Автоматичне вирисовування системою графіки знака операції циклічного паралелення описується такою секвенцією:

$$M_6 = \overbrace{A ; B ; C ; N ; L_{2.5}}$$

де  $L_{2.5}$  – терм утворення знака операції циклічного паралелення.

Такими секвенціями

$$M_8 = \overbrace{A ; B ; C ; N ; L_{2.4}}$$

$$M_9 = \overbrace{A ; B ; C ; N ; L_{2.3}}$$

$$M_{10} = \overbrace{A ; B ; C ; N ; L_{2.2}}$$

$$M_{11} = \overbrace{A ; B ; C ; N ; L_{2.1}}$$

описується автоматична генерація графіки знаків операцій циклічного елімінування ( $L_{2.4}$ ), секвентування ( $L_{2.3}$ ), введення елементів термів ( $L_{2.2}$ ) та ідентифікація об'єктів знаків операцій ( $L_{2.1}$ ).

Синтез елімінувань і оптимізація структури наведені в публікації [3].

**Синтез секвенцій структури генерації графіки знаків операцій.** Структури для вирисовування графіки знаків операцій секвентування, елімінування, паралелення та інвертування є аналогічними, тому що вони мають подібні параметри, тільки опис структури за собів їх вирисовування буде різний.

Синтез структури для вирисовування знаків операцій секвентування, елімінування, паралелення та інвертування.

**Синтез секвенцій.** Перша секвенція синтезована з термів опису задання початкових значень змінних і параметрів –  $K_1$ , знаходження різниці між координатами кінця і початку знака операції –  $K_2$ , обчислення номера елемента масиву, в який заноситься цей знак –  $K_3$ , обчислення параметрів для вертикального розміщення знака операції і його збереження –  $K_4$ , і автоматичне вирисовування графіки знака операції в робочій області системи –  $K_6$  та наведена формулою

$$\overbrace{\overbrace{K_1 ; K_2 ; K_3 ; K_4 ; K_6}} \quad (2)$$

Генерація горизонтального розміщеного на робочому столі системи знака операції описується такою секвенцією:

$$\overbrace{\overbrace{K_1 ; K_2 ; K_3 ; K_5 ; K_6}} , \quad (3)$$

де  $K_5$  – терм обчислення параметрів для горизонтального розміщення знака операції і його збереження.

**Синтез елімінувань.** Формули (2) і (3) елімінуємо за умовою  $u$  – горизонтального розміщення графіки знака операції, отримаємо вираз

$$\overbrace{\overbrace{K_1 ; K_2 ; K_3 ; K_4 ; K_6} , \overbrace{K_1 ; K_2 ; K_3 ; K_5 ; K_6}} , u - ? \quad (4)$$

**Оптимізація елімінування.** Із формули (4) за властивістю дистрибутивності операції елімінування [1] вносимо терм  $K_1, K_2, K_3, K_6$  за знак елімінування і отримуємо формулу

$$\overbrace{\overbrace{K_1 ; K_2 ; K_3 ; K_4, K_5 , u - ?} ; K_6} \quad (5)$$

Структура генераторів знаків операцій циклічного секвентування, елімінування і паралелення також збігаються, а відрізняються параметрами термів їхнього вираховування.

Синтез структури генераторів знаків операцій циклічного секвентування, елімінування і паралелення також збігаються, а відрізняються параметрами термів їхнього вираховування.

Секвенція синтезується із термів, які описують початкові значення змінних і параметрів ( $N_1$ ), обчислення елемента масиву, в який заноситься ( $N_2$ ), обчислення параметрів знака операції ( $N_3$ ) і вирисовування його в робочій області системи і збереження ( $N_4$ ) та наведена формулою

$$\overbrace{\overbrace{N_1 ; N_2 ; N_3 ; N_4}} \quad (6)$$

Секвенція опису набору елементів термів утворена термами задання початкових значень змінних і параметрів ( $T_1$ ), обчислення номера елемента масиву, в який заноситься терм ( $T_2$ ), введення текстового фрагменту ( $T_3$ ) і вирисовування текстового фрагменту на робочому столі системи та його збереження ( $T_4$ ) і має такий вигляд:

$$\overbrace{\overbrace{T_1 ; T_2 ; T_3 ; T_4}} \quad (7)$$

**Синтез структури масштабування знаків операцій.** Формула, яка описує масштабування знаків операцій теорії секвенційних алгоритмів, має вигляд

$$\overbrace{L ; F_4 ; E_1}$$

де  $L$  – терм задання параметрів масштабування;  $F_4$  – терм опису масштабування знаків операцій секвентування, елімінування, паралелення та інвертування;  $E_1$  – терм опису масштабування знаків операцій циклічного секвентування, циклічного елімінування, циклічного паралелення і елементів термів;

$$F_4 = \overbrace{\varphi j F_5 ; c_j},$$

де  $j$  – змінна циклу, яка пробігає всі можливі знаки, (як вертикальні, так і горизонтальні);  $F_5$  – терм опису масштабування вертикальних і горизонтальних знаків операцій;

$$F_5 = \overbrace{S_5, S_6, u_j-?},$$

де  $S_5$  – описує випадок, коли не масштабується жоден із знаків операції секвентування, елімінування, паралелення і інвертування;  $u_j$  – умова, що аналізує, який знак операції масштабується;

$$S_5 = \overbrace{\varphi i F_6 ; c_i}, \quad S_6 = \overbrace{* ; c_j},$$

де  $i$  – змінна циклу, що пробігає чотири квадратики, які виділяють знак операції;

$$F_6 = \overbrace{F_7, S_7, u_i-?},$$

де  $F_7$  – терм опису масштабування знаків операцій;  $S_7$  – описує випадок, коли не вибирається жоден із квадратиків рамки;

$$S_7 = \overbrace{* ; c_i}, \quad F_7 = \overbrace{S_8, S_9, u_{ij}-?},$$

де  $S_8$  – секвенція, яка описує масштабування горизонтальних знаків операцій;  $S_9$  – секвенція, яка описує масштабування вертикальних знаків операцій;  $u_{ij}$  – умова, яка визначає чи знак операції горизонтальний;

$$S_8 = \overbrace{L_{ij} ; c_i}, \quad S_9 = \overbrace{M_{ij} ; c_i},$$

де  $L_{ij}$  – терм опису масштабування горизонтальних знаків операцій;  $M_{ij}$  – секвенція, яка описує масштабування вертикальних знаків операцій;  $c_i, c_j$  – ознаки повернення в цикл за змінними  $i$  та  $j$ .

Отже, секвенціями  $S_8$  і  $S_9$  описується безпосередньо проведення масштабування знаків операцій секвентування, елімінування, паралелення та інвертування

$$E_1 = \overbrace{\varphi n E_2 ; c_n},$$

де  $n$  – змінна, яка пробігає знаки операцій циклічного секвентування, елімінування, паралелення і елементів турмів;

$$E_4 = \overbrace{S_{10}, S_{11}, u_n-?},$$

де  $S_{10}$  – секвенція, яка описує масштабування з використанням чотирьох квадратиків;  $S_{11}$  – секвенція, яка описує відсутність активності знаків операцій;  $u_n$  – умова, за якою визначається, який із знаків операцій є активним;

$$S_{10} = \overbrace{\varphi m E_3 ; c_m}, \quad S_{11} = \overbrace{* ; c_n},$$

де  $m$  – змінна, яка пробігає всі квадратики рамки;  $c_m, c_n$  – ознаки повернення в цикл за змінними  $m, n$

$$E_3 = \overbrace{S_{12}, S_{13}, u_m-?},$$

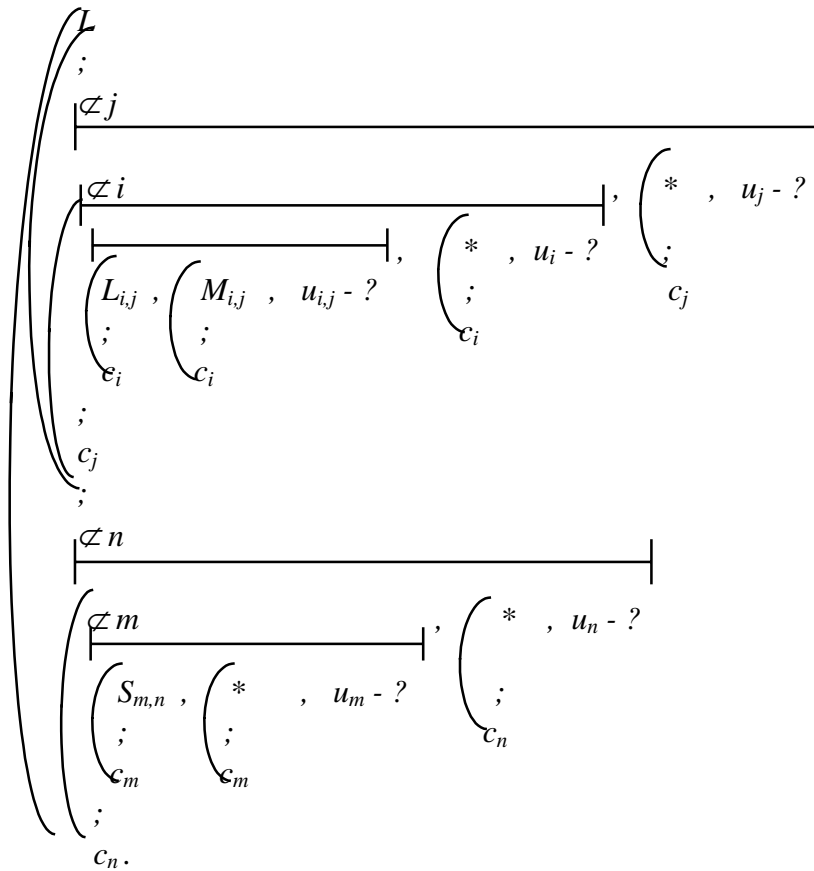
де  $u_m$  – умова розпізнавання, який з чотирьох квадратиків рамки виділення є вибраним;  $S_{12}$  – секвенція, яка описує масштабування активного знака операції циклічного секвентування,

елімінування, паралелення та елементів термів;  $S_{13}$  – описує відсутність масштабування жодного із даних знаків операцій;

$$S_{12} = \overbrace{S_{m,n} ; c_m}, \quad S_{13} = \overbrace{* ; c_m},$$

де  $S_{m,n}$  – терм опису масштабування активного знака операції циклічного секвентування, елімінування, паралелення та елементів термів.

Підставивши у формулу значення  $F_4 - F_7$ ,  $E_1 - E_3$  і  $S_5 - S_{13}$ , отримаємо загальну структуру функціонування системи в режимі масштабування знаків операцій теорії секвенційних алгоритмів, яка наведена формулою



**Оптимізація структури.** Оптимізація формули проводиться на основі властивостей операцій секвентування та елімінування. За знак операції елімінування з елімінування за умовою  $u_i$  виносимо  $c_i$ , отримуємо формулу

$$\left( \overbrace{\varnothing i}^{\quad}, \quad * \quad , \quad u_i - ? \right) \left( \overbrace{L_{ij} , \quad M_{ij} , \quad u_{ij} - ?}^{\quad} ; \quad c_i . \right) \quad (8)$$

З елімінування за умовою  $u_j$  виносимо  $c_j$  і підстановкою виразу (8) в елімінування виводимо формулу

$$\begin{array}{l}
 \varphi_j \\
 \hline
 \varphi_i \quad , \quad * \quad , \quad u_j - ? \\
 \hline
 \quad , \quad * \quad , \quad u_i - ? \\
 \hline
 L_{i,j} \quad , \quad M_{i,j} \quad , \quad u_{i,j} - ? \\
 ; \\
 c_i \\
 ; \\
 c_j .
 \end{array} \tag{9}$$

Аналогічно проводимо подальшу оптимізацію і отримуємо оптимізовану структуру, яка забезпечує масштабування знаків операцій теорії секвенційних алгоритмів, та наведена формулою

$$\begin{array}{l}
 L \\
 ; \\
 \varphi_j \\
 \hline
 \varphi_i \quad , \quad * \quad , \quad u_j - ? \\
 \hline
 \quad , \quad * \quad , \quad u_i - ? \\
 \hline
 L_{i,j} \quad , \quad M_{i,j} \quad , \quad u_{i,j} - ? \\
 ; \\
 c_i \\
 ; \\
 c_j \\
 ; \\
 \varphi_n \\
 \hline
 \varphi_m \quad , \quad * \quad , \quad u_n - ? \\
 \hline
 S_{m,n} \quad , \quad * \quad , \quad u_m - ? \\
 ; \\
 c_m \\
 ; \\
 c_n .
 \end{array} \tag{10}$$

**Побудова моделі і моделювання структури функціонування системи в режимі масштабування знаків операцій.** Масштабування зображень у системі повинно проводитись не симетрично, а з врахуванням залежності, яка є між геометричними розмірами знаків операцій, та використовуються при генеруванні знаків операцій. Його потрібно виконувати так:

- виділити потрібний знак операції;
- залежно від необхідного напрямку зміни знака операції, курсор “мишки” встановити на необхідний квадратик рамки активізації;
- коли він виділиться, обчислити параметри  $x_{of}$  і  $y_{of}$ , вони показують, де відбулося натискання лівої клавіші “мишки” на квадратик;

– при переміщенні курсора “мишки”, коли він зафіксований на квадратику, відповідно і повинно змінитися розміщення даного квадратику, а саме змінитися його координати відносно лівого верхнього кута робочої області, і вони обчислюються, наприклад, для першого квадратику так:

$$l_{sh1} = l_{sh1} + x - x_{of1}, \quad t_{sh1} = t_{sh1} + y - y_{of1},$$

де  $l_{sh1}$ ,  $t_{sh1}$  – координати квадратику відносно лівого верхнього кута робочої області,  $x$ ,  $y$  – нові координати курсора при переміщенні,  $x_{of1}$ ,  $y_{of1}$  – координати, де відбулося натиснення лівої клавіші “мишки” на даному квадратику  $sh1$ ;

– далі відповідно до переміщення квадратику і має змінюватись розмір активного знака операції, з врахуванням того, чи знак операції вертикальний, чи горизонтальний, мають змінюватись його координати  $x_1$  та  $y_1$  за такими формулами. Наприклад, коли змінюється розмір знака операції при переміщенні квадратику  $sh1$ :

$$x_1 = l_{sh1} + 9, \quad y_1 = t_{sh1} + 9,$$

де число  $9 = 7+2$ ;  $7$  – ширина або висота квадратику;  $2$  – відстань між квадратиком і лівим верхнім кутом знака операції;  $l_{sh1}$ ,  $t_{sh1}$  – координати квадратику;

– відповідно до зміни параметрів  $x_1$  та  $y_1$ , та з врахуванням нелінійної залежності між довжиною і шириною знака, обчислюються решта параметрів знака операції.

Отже, згідно з даними вимогами повинно проводитися масштабування знака операції.

Побудуємо математичну модель структури системи в режимі масштабування знаків операцій для знака операції секвентування і двох квадратиків, оскільки знаки операцій секвентування є найбільш типовими серед знаків операцій теорії секвенційних алгоритмів, а масштабування відбувається аналогічно при використанні чотирьох квадратиків рамки виділення. Цю модель будемо з врахуванням вимог до масштабування, замінивши змінні терми такими предметними:

$$L = \begin{pmatrix} l_{sh1} := l_{sh1} & , & l_{sh2} := l_{sh2} \\ \\ t_{sh1} := t_{sh1} & , & t_{sh2} := t_{sh2} \end{pmatrix};$$

$$L_{1,1} = \begin{pmatrix} x_1 := l_{sh1} + 9; \\ k := |x_1 - x_3|; \\ \cdot k := \sqrt{k} / +2; \\ \cdot x_4 := x_1; \\ \cdot y_3 := y_2 - k; \\ y_1 := y_3 - k; \\ y_4 := y_3; \end{pmatrix}$$

$$F_{1,1} = \begin{pmatrix} y_1 := t_{sh1} + 9; \\ k := |y_1 - y_3|; \\ \cdot k := \sqrt{k} / +2; \\ \cdot y_3 := y_1; \\ \cdot x_4 := x_2 - k; \\ x_1 := x_4 - k; \\ x_3 := x_4; \end{pmatrix}$$

$$L_{1,2} = \begin{pmatrix} x_2 := l_{sh2} - 2; \\ k := |x_2 - x_4|; \\ \cdot k := \sqrt{k} / +2; \\ \cdot x_3 := x_2; \\ \cdot y_4 := y_2 - k; \\ y_1 := y_4 - k; \\ y_3 := y_4; \end{pmatrix}$$

$$F_{1,2} = \begin{pmatrix} y_3 := t_{sh2} + 9; \\ k := |y_3 - y_4|; \\ \cdot k := \sqrt{k} / +2; \\ \cdot y_1 := y_3; \\ \cdot x_3 := x_1 - k; \\ x_2 := x_3 - k; \\ x_4 := x_3; \end{pmatrix}$$



$$u_1 = (t_o = 1); u_{1,1} = (t_s = 1); u_{1,2} = (t_s = 2);$$

$$u_{1,1,1} = u_{1,1,2} = (|x_1 - x_4| = 0).$$

Секвентні області значень змінних такі:

$$x, l_{sh1}, l_{sh2}, x_1, x_2, x_3, x_4 \in Q_1 = \overbrace{0, 1, 2, \dots, x_{max}};$$

$$y, t_{sh1}, t_{sh2}, y_1, y_2, y_3, y_4 \in Q_2 = \overbrace{0, 1, 2, \dots, y_{max}};$$

Підставивши у формулу (10) замість термів  $L_{1,1}, L_{1,2}, F_{1,1}, F_{1,2}$  і  $u_1, u_{1,1}, u_{1,2}, u_{1,1,1}, u_{1,1,2}$  їхні значення та з врахуванням вимог до масштабування, отримаємо формулу, яка разом із секвентними областями значень змінних і предметних термів утворює модель системи в режимі масштабування зображень знаків операцій.

**Теорема.** Моделлю в межах робочого поля масштабується ідентифікований знак операції.

**Доведення.** Знаки операцій в робочій області можна розміщувати як в середині робочої області, так і по краях. При масштабуванні зображень знаків операцій, квадратики рамки виділення переміщуються аналогічно як і знаки операцій. Квадратики рамки переміщуються в межах робочого поля, доведення цього є аналогічним, як і для знаків операцій.

Серед можливих варіантів розміщення знаків операцій є варіант, коли знак знаходиться в середині робочої області, при якому можна здійснювати масштабування зображення знака операції з використанням усіх чотирьох квадратиків, а отже, у всіх напрямках, містить всі решта варіанти.

Доведемо, що моделлю масштабується виділений знак операції в межах робочого поля, коли знак є в середині робочої області і для масштабування використовується перший квадратик. Отже,  $t_s = 1$ ,  $l_{sh1} = l_{sh1}$  і  $t_{sh1} = t_{sh1}$ .

Нехай ідентифікований знак операції секвентування. Отже,  $t_o = 1$ ,  $a_o = g$  і параметрами,  $x_1, x_2, x_3, x_4, y_1, y_2, y_3, y_4$ .

Після виконання початкових операторів отримаємо  $l_{sh1} = l_{sh1}$ ,  $t_{sh1} = t_{sh1}$ ,  $l_{sh2} = l_{sh2}$ ,  $t_{sh2} = t_{sh2}$ . Далі виконується операція елімінування за умовою  $u_1$ , “чи ідентифікований знак є знаком операції секвентування”, а це так, бо  $t_o = 1$ . Далі знову виконується операція елімінування за умовою  $u_{1,1}$ , “чи відбувається масштабування з використанням першого квадрата”, умова виконується, бо  $t_s = 1$ .

Далі виконується операція елімінування за умовою  $u_{1,1,1}$ , “чи знак операції горизонтальний”. Тут можливі два випадки: 1) коли знак операції горизонтальний; 2) коли ні, тобто знак операції вертикальний.

**Випадок 1.** Оскільки знак операції горизонтальний, то обчислюється  $x_1$  відносно квадрата  $Sh_1$ :  $x_1 := l_{sh1} + 9$ , потім обчислюється ширина знака операції за формулою  $k := |x_1 - x_3|$ , тепер обчислюється довжина знака операції за формулою  $k := \sqrt{k} / +2$ , відносно довжини знака операції обчислюється решта координат знака операції, за такими формулами

$$x_4 := x_1, y_3 := y_2 - k, y_1 := y_3 - k, y_4 := y_3.$$

Знак операції змінить свій розмір відносно переміщення квадрата з урахуванням співвідношення, яке є між геометричними розмірами знака операції.

*Випадок 2.* Знак операції вертикальний, тоді обчислюється  $y_1$ , відносно координати квадратика  $t_{sh1}$ :  $y_1 := t_{sh1} + 9$ , далі обчислюється довжина знака операції за формулою  $k := |y - y_3|$  тепер обчислюється ширина знака операції за формулою  $k := \sqrt{k} / +2$ , з використанням ширини обчислюються решту координат знака операції за формулами:

$$y_3 := y_1, \quad x_4 := x_2 - k, \quad x_1 := x_4 - k, \quad x_3 := x_4.$$

Знак операції змінить свої розміри відносно переміщення квадратика, з урахуванням співвідношення між геометричними розмірами знака операції.

Отже, квадратики можна переміщувати в будь-яке місце робочої області, а це доводиться так, як і для знаків операцій, і розмір знака операції змінюється із переміщенням квадратика, то ідентифікований знак операції масштабується в межах робочого поля. Аналогічно доводиться масштабування знаків операцій при використанні решти трьох квадратиків.

Для всіх решти знаків операцій масштабування доводиться аналогічно, як і для знака операції секвентування. Отже, моделлю в межах робочого поля масштабується ідентифікований знак операції. Теорему доведено.

### **Висновки.**

1. Синтезована і оптимізована загальна структура редактора, структура інструментальних засобів, структура генераторів знаків операцій і структура функціонування системи в режимі масштабування знаків операцій.

2. Побудовано модель структури функціонування системи в режимі масштабування зображень знаків операцій і проведено її моделювання.

1. Овсяк В., Овсяк Ю. *Теорія секвенційних алгоритмів як засіб побудови математичного, лінгвістичного, алгоритмічного та інформаційного забезпечення* // Вісн. ДУ "Львівська політехніка". 2001. № 415. – С. 32 – 41. 2. Бритковський В. *Математична структура системи автоматизованого набору формул алгебри алгоритмів-секвенцій*. // Вісн. ДУ "Львівська політехніка". 2001. № 415. – С. 172 – 175. 3. Овсяк В., Бритковський В. *Синтез і оптимізація інструментальних засобів редактора формул алгоритмів*. Квалілогія книги: збірник наукових праць. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2000, – С. 32 – 38. 4. В. Бритковський. *Проведення масштабування зображень в системі МОДАЛ*. Автоматика – 2000. – Т.6. – Львів, 2000. – С. 79 – 84.