

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологически инвариантная система проектирования топологии стандартных фрагментов МОП БИС / И. С. Зуев, А. Б. Максимов, С. Э. Миронов, Н. М. Сафьянников // Изв. «Электроника». – 2003. – № 3. – С. 63–70.
2. Миронов, С. Э. Иерархическое проектирование топологии регулярных макрофрагментов интегральных схем в технологически инвариантной концепции / С. Э. Миронов, А. А. Галкин, Е. В. Стрельников // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». – 2006. – Вып. 2. – С. 50–54.
3. Миронов, С. Э. Итерационное сжатие с ограничениями при иерархическом технологически инвариантном проектировании топологии макрофрагментов БИС / С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. – Вып. 3. – С. 10–15.
4. Миронов, С. Э. Оптимизация управления сжатием топологии при иерархическом технологически инвариантном проектировании макроблоков КМОП БИС / С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев; СПбГЭТУ. – СПб., 2010. – 19 с. – Деп. в ВИНТИ 11.06.2010, № 361-В2010.
5. Миронов, С. Э. Оптимизация иерархического технологически инвариантного проектирования макроблоков КМОП БИС путем итерационного управления сжатием топологии / С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев // Автоматизация проектирования дискретных систем. CAD DD'2010: Материалы 7-й междунар. конф., Минск, 16-17 нояб. 2010. – Минск, 2010. – С. 334–341.
6. Миронов, С. Э. Автоматизация иерархического технологически инвариантного проектирования топологии регулярных макроблоков СБИС / С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. – Вып. 6. – С. 50–55.
7. Миронов, С. Э. Оптимизация согласования топологии ячеек макроблока по габаритам и положению выводов / С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2012. – Вып. 6. – С. 42–46.

S. E. Mironov, A. U. Vasilev

PROCESS-TOLERANT CAD OF CMOS VLSI HIERARCHICAL MACROBLOCK TOPOLOGY

Article is devoted to the description of the developed system of VLSI macroblocks hierarchical layout design in process-tolerant concept. Describes the graphical editor, base components and their properties and types of implemented macroblocks.

Hierarchical topology design, topology compaction, process-tolerant design, VLSI macroblock, matching cells

УДК 004.4

Г. Д. Дмитриевич, Ф. А. Михеев, Т. В. Фунг

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ TRAP

Рассмотрены аспекты разработки подсистемы оптимального проектирования сетной конструкции орудия лова с применением имитационного моделирования процесса лова в качестве инструмента поддержки принятия проектных решений. Приведен пример раскрытия сетной поверхности ловушки.

Оптимальный раскрой, сетная конструкция, генетический алгоритм

Современные реалии – перманентные проблемы экономики и давление потребительского спроса – диктуют определенные требования к эффективности САПР рыбохозяйственных объектов. Повысить производительность рыболовных систем можно за счет применения современных численных методов оптимизации и математических моделей, отражающих особенности конструкции орудий лова (ОЛ). Аспекты реализации таких систем неоднократно обсуждались в работах отечественных авторов [1], [2]. Тем не менее, существующие программные реализации не предоставляют инструментов для моделирования и оптимизации ОЛ, имеют сложный пользовательский интерфейс и отличаются жесткой ориентацией на определенный класс задач проектирования.

Разработка проектирующих рыбохозяйственных подсистем опирается на исследования [1], [3], [4] и моделирование [5] процесса лова, включая механизм пространственного поведения гидробионтов в зависимости от наблюдаемой ими окружающей среды. В связи с этим в состав математического обеспечения системы «Тгар» включены следующие математические модели процесса лова промысловых гидробионтов: модель М1, предназначенная для имитации гидродинамических свойств морской среды; модель М2, с помощью которой имитируется распространение шлейфа запаха от приманки в морской среде; модель М3 для имитации пространственного поведения гидробионтов в процессе поиска пищи; модель М4, предназначенная для оптимального раскрытия сетных конструкций ОЛ.

Модель М1 получена на основе краевой задачи [5]:

$$\partial_t a(\mathbf{r}, t) = \kappa \Delta a(\mathbf{r}, t) - \mathbf{v} \cdot \nabla a(\mathbf{r}, t) - \gamma a(\mathbf{r}, t) + \sum_{i=1}^M f(t) \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i), \quad (1)$$

$$\mathbf{r} \in R^2, t > 0; a(\mathbf{r}, 0) = 0, a(\mathbf{r}, t) \rightarrow 0, |\mathbf{r} - \mathbf{r}_i| \rightarrow \infty, i = 1, 2, \dots, M, t > 0,$$

где \mathbf{r} – радиус-вектор координат на плоскости R^2 ; $\mathbf{r} = (x, y)$; \mathbf{r}_i – радиус-вектор координат i -й ловушки, $i = 1, 2, \dots, M$ – номера ловушек в порядке; $a(\mathbf{r}, t)$ – концентрация аттрактанта в точке с радиусом-вектором координат \mathbf{r} в момент времени t ; κ – коэффициент горизонтальной турбулентной диффузии; \mathbf{v} – вектор скорости течения; γ – коэффициент поглощения аттрактанта в морской воде.

Модель М2. Краевая задача вида (1) традиционно применяется для изучения поведения пассивных взвесей в воздухе и воде [5]. Решение задачи (1) для произвольной функции $f(t)$ можно описать в виде объемного потенциала от функции влияния и функции источника:

$$a(x, y; t) = \frac{Q \Delta t}{2\pi \kappa T_b^2 H} \sum_{j=0}^T \frac{(T_b - \tau_j)}{(t - \tau_j)} e^{-\gamma(t - \tau_j)} \sum_{i=1}^M e^A, \quad A = -\frac{[x - x_i + v(t - \tau_j)]^2 + [y - y_i]^2}{4\kappa(t - \tau_j)}, \quad (2)$$

где $\tau_j = j\Delta t, j = 0, 1, \dots, T - 1$.

При тестировании модельного шлейфа запаха (рис. 1) использовались следующие

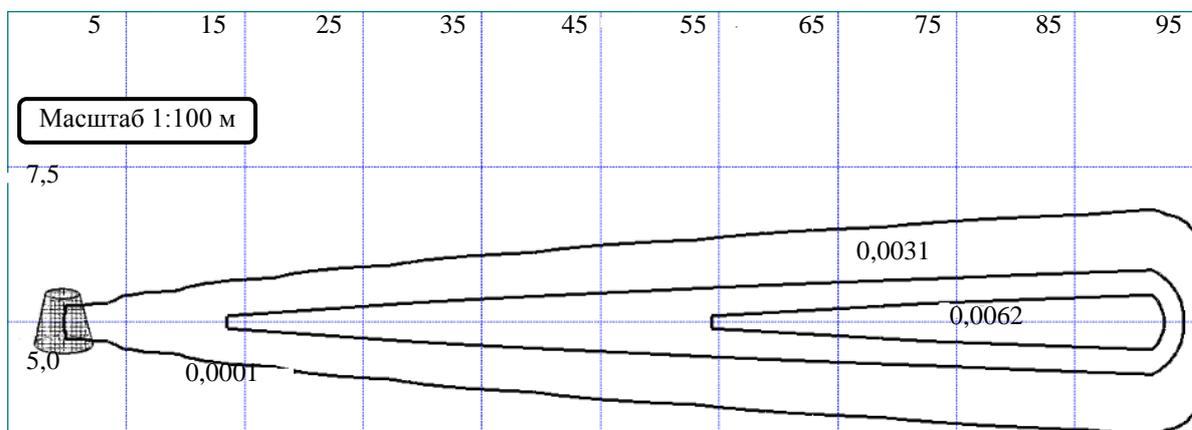


Рис. 1

значения параметров модели: $\kappa = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, $|\mathbf{v}| = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$, $\gamma = 0 \text{ г/с}$, $Q = 100 \text{ г}$, $a_c = 10^{-7} \text{ г/м}^3$, $T_b = T_{\text{soak}} = 53 \text{ ч}$, $\Delta t = 1 \text{ ч}$; полученные в результате имитации параметры шлейфа сверялись с опубликованными контрольными значениями. Результаты тестирования модели распространения шлейфа с применением формулы (2) показаны в таблице.

Результаты тестирования	Показатель		
	Протяженность шлейфа, км	Максимальная ширина, км	Площадь, кв. км
Модель	9,50	0,33	1,95
Контрольные значения	8,37	0,33	2,00
Различие, %	2,5	0	11,9

Модель М3. В поисках пищи донные гидробионты исследуют территорию, совершая случайные перемещения по дну, пока не обнаружат привлекающий запах. Контактная с шлейфом запаха, животные изменяют случайное блуждание на целенаправленную миграцию к источнику запаха [5]. Поиск источника запаха донными животными через контакт со шлейфом математически формализован в виде стохастических уравнений: $\mathbf{r}_{t+\Delta t, k} = \mathbf{r}_{t, k} + \xi \mathbf{r}_{t, k, t} u \Delta t + \sigma [p \delta_{t, k} + 1 - p \varepsilon_{t, k}]$, где $\mathbf{r}_{t, k} = x_{t, k}, y_{t, k}$ – координаты особи с индексом k в момент времени t ($k = 1, 2, \dots, N$; $t = 1, 2, \dots, T$); $\xi \mathbf{r}_{t, k, t}$ – безразмерный единичный вектор движения; Δt — шаг по времени при расчете движения особи.

Модель М4. Экспериментальные исследования [1] выявили существование зависимости объема улова от конструкции сетной поверхности ОЛ. К примеру, при превышении шагом ячее сетной поверхности отметки 165 мм улов падает до нуля. Сетная часть ловушки представляет собой прямоугольную сетную пластину. Пример раскрытия сетной части показан на рис. 2.

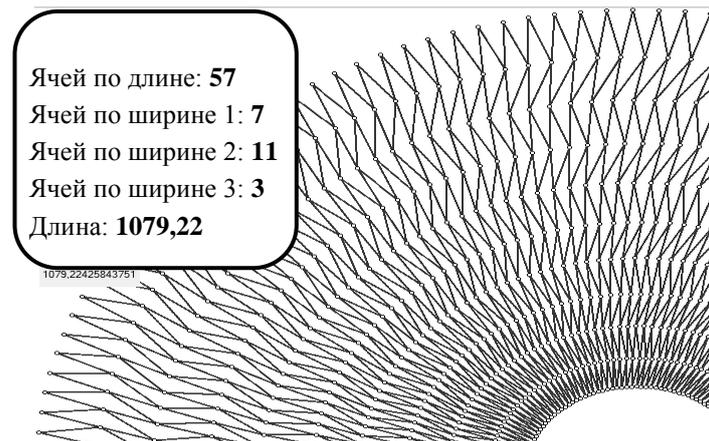


Рис. 2

Для углов раскрытия ячее сетной оболочки верно рекуррентное соотношение $\varepsilon_{i+1} = \varepsilon_i - 2\delta$ где 2δ – центральный угол, охватывающий один ряд ячее, т. е. каждая последующая ячейка суживается по ширине сетной оболочки на величину 2δ относительно предыдущей. Число ячее по ширине i -й части сетной пластины для покрытия каркаса опреде-

ляется выражением $n_{\varepsilon_i}(\varepsilon_{iH}, \varepsilon_{iK}, n_L) = (\varepsilon_{iH} - \varepsilon_{iK}) / (2\delta_i) = (\varepsilon_{iH} - \varepsilon_{iK})n_L / (2\pi \sin \alpha_i)$, $i = 1, 2, 3$, где $\varepsilon_{iH}, \varepsilon_{iK}$ – углы раскрытия ячеек по нижней и верхней кромкам соответственно. Для верха и низа $\alpha_1 = \alpha_2 = \pi/2$, для бока $\sin \alpha_2 = (D_H - D_B) / (2L_2)$, где $2L_2$ – длина образующей конуса ловушки. Коэффициент посадки дели на нижнее кольцо каркаса $u_{1H,K} = 0,7 \dots 0,9$. Число ячеек по длине сетной пластины определяется как $n_L = \pi D_H / (2au_{1H,K})$. Длина пластины в жгуте может быть найдена по формуле $L_N = 2an_L$. Число ячеек по ширине i -й части сетной пластины можно определять по формуле Баранова [1] $n_{Bi} = (\varepsilon_{iH} - \varepsilon_{iK})B_i^n / (\sin \varepsilon_{iH} - \sin \varepsilon_{iK})$, где B_i^n – ширина в посадке i -й части сетной пластины ($B_1^n = (D_1 - D_r) / 2$, $B_2^n = L_2$, $B_3^n = (D_3 - D_4) / 2$, где L_2 – длина образующей конуса ловушки).

Задача параметрической оптимизации ОЛ в общем случае может быть сформулирована в классическом виде:

$$G_P(\mathbf{P}) \rightarrow \text{extr}, \mathbf{P} \in D$$

$$D: \begin{cases} G_i(P) = 0, i = 1, \dots, m, \\ H_j(P) \geq 0, j = m + 1, \dots, m + z, \\ a_l \leq p_l \leq b_l, l = 1, \dots, n, \end{cases}$$

где $G_P(\mathbf{P})$ – векторная функция цели; $\mathbf{P} = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$ – вектор варьируемых параметров; $G_i(P) = 0$, $i = 1, \dots, m$, – функциональные ограничения равенства; $H_j(P) \geq 0$, $j = m + 1, \dots, m + z$, – функциональные ограничения неравенства; a_l и b_l – компоненты векторов, представляющих собой верхние и нижние границы вариации вектора \mathbf{P} . Основными параметрами конструкции, влияющими на эффективность ОЛ, являются: габаритные характеристики – диаметры нижнего и верхнего оснований $d_{\text{осн}}^{1,2}$, высота H , угол конусности ловушки β ; количество входных устройств $N_{\text{вх}}$; диаметры входов D_k ($k = 1, 2, \dots, N_{\text{вх}}$); высоты расположения входов h_k ($k = 1, 2, \dots, N_{\text{вх}}$) и расстояния между ними r_{kl} ($k, l = 1, 2, \dots, N_{\text{вх}}, k \neq l$). Характерной трудностью задач оптимизации ОЛ является большое количество и разнообразие параметров. На практике, чтобы снизить размерность задачи, выбирают только основные варьируемые параметры либо объединяют группы параметров в интегральные показатели [2].

Методы решения данного класса задач векторной оптимизации подразумевают применение оптимизационных алгоритмов первого и второго порядка, а также генетических поисковых стратегий [5]. Работа генетического алгоритма разбита на 2 этапа: сканирование допустимой области функции и уточнение экстремума. Таким образом, стратегия поиска оптимальных проектных решений основана на многошаговой схеме и характерных особенностях реализованных алгоритмов. На первом шаге запускается генетический алгоритм. На втором шаге выбирается опорная точка поискового пространства, описывающая конструкцию ОЛ, в том числе и его сетную часть. На третьем шаге проводится серия имитаций процесса лова полученной конструкцией. На четвертом шаге оценивается эффек-

тивность полученного ОЛ, проверяется, удовлетворяет ли найденное решение комплексу условий и ограничений.

В заключение отметим следующее: 1) математическое обеспечение системы является проблемно-инвариантным и может быть применено к ряду других рыбохозяйственных объектов; 2) разработанная архитектура ПО системы «Тгар» предоставляет проектировщику средства для принятия проектных решений в условиях неопределенности за счет гибкости диалогового взаимодействия; 3) предложенная система «Тгар» позволяет научным сотрудникам Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО) выполнять имитационное моделирование процесса лова и оценивать эффективность конструкции ОЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габрюк В. И. Компьютерные технологии в промышленном рыболовстве. М.: Колос, 1995.
2. Фридман А. Л., Розенштейн М. М., Лукашов В. Н. Проектирование и испытание тралов. М., 1973.
3. Strelnikov Y.N., Pulkis G., Dmitrevich G.D. An approach to CAD system performance evolution //Int. Man-Machine Studies. 1984. Vol. 21. P. 429–444.
4. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. СПб.: Питер, 2001.
5. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Пер. с польск. И. Д. Рудинского. М.: Горячая линия – Телеком, 2006.

G. D. Dmitrevich, F. A. Mikheyev, T. V. Fung

Modeling and parametric optimization approach in the optimal design system Trap. The Aspects of designing the CAD netting gear optimization subsystem has been examined. The Example of the netting gear cutting has been presented.

An optimal cutting, a netting gear, genetic algorithm