



УДК 629.5.01

В.В. Кузнецова, ст. преподаватель, к.т.н., каф. П и ТПС ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ СУДНА

Ключевые слова: оптимизация, многокритериальная оптимизация, параметрическая чувствительность в оптимизации судна, достоверность выборочного исследования.

Изложены результаты решения задачи многокритериальной оптимизации обстановочного судна с применением аддитивной свертки частных критериев эффективности с учетом и без учета параметрической чувствительности. Проведен анализ показателей точности и достоверности предлагаемого выражения для обобщенного критерия эффективности с учетом вводимых дополнительных коэффициентов.

Достаточно часто во всех областях науки решаются оптимизационные задачи и они, как правило, многокритериальные. При этом нередко применяют метод решения, сводящий их к однокритериальным. То есть вводят обобщенный критерий эффективности, представляющий собой аддитивную или мультипликативную свертку частных критериев оптимальности. С целью исключения взаимной компенсации частных критериев иногда вводят коэффициент параметрической чувствительности для каждого критерия эффективности относительно варьируемых параметров. В частности, в оптимизационных задачах, которые ставятся при проектировании судов, было предложено [1] ввести такой коэффициент, определяемый как частный дифференциал критерия эффективности по варьируемому параметру:

$$\frac{\partial k_i}{\partial v_j} dv_j, \quad (1)$$

где k_i – частные критерии эффективности, $i=1, 2, \dots, n$;

v_j – варьируемый параметр в задаче оптимизации, $j=1, 2, \dots, n$.

В статье [1] была рассмотрена задача многокритериальной оптимизации обстановочных судов внутреннего плавания. В составе обобщенного критерия оптимальности, для выбора наилучшего проекта судна, рассмотрены следующие частные критерии эффективности:

- 1) коэффициент утилизации водоизмещения,
- 2) удельная мощность,
- 3) оптимальность формы корпуса,
- 4) удельное водоизмещение, приходящееся на 1 тонну грузоподъемности,
- 5) приведенные затраты.

В качестве варьируемых параметров приняты: длина судна L , ширина судна B , осадка судна T , число Фруда по скорости Fr_v , коэффициент полноты водоизмещения δ и архитектурно – конструктивный тип обстановочного судна.

Обобщенный критерий эффективности был определен с учетом параметрической чувствительности частных критериев по выражению (2) и без этого учета по выражению (3). [1]

$$K = \max \left[\sum_{i=1}^5 \lambda_i k_i^* + \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^6 \lambda_i \left(\frac{\partial k_i}{\partial v_j} dv_j \right)^* \right], \quad (2)$$

$$K = \max \sum_{i=1}^5 \lambda_i k_i^*, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1,$$

где k_i^* – нормализованные частные критерии эффективности,

$\left(\frac{\partial k_i}{\partial v_j} dv_j \right)^*$ – нормализованные коэффициенты параметрической чувствительности,

λ_i – «весовые» коэффициенты или меры важности частных критериев эффективности.

Полученные результаты показали, что учет параметрической чувствительности меняет решение задачи многокритериальной оптимизации. В соответствии с этим встает вопрос о точности и достоверности предлагаемого выражения (2) для обобщенного критерия эффективности. Поскольку задача оптимизации обстановочных судов решалась на основе их статистической выборки, необходимо определить в какой мере полученные результаты можно перенести на генеральную совокупность.

Оценка достоверности и точности результатов выборочного исследования предусматривает определение [2,3]:

- 1) погрешности репрезентативности (средней погрешности средней арифметической величины) μ , которая показывает на сколько результат, полученный при выборочном исследовании, отличается от результата, который был бы получен при сплошном исследовании всей генеральной совокупности.

$$\mu = \frac{S}{\sqrt{m}}, \quad (4)$$

где $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2}{m}}$ – среднее квадратическое отклонение,

m - объём выборки;

x_i - значения оцениваемой величины;

\bar{x} – среднее значение оцениваемой величины (среднее арифметическое значение).

- 2) показателя точности выборочного исследования ε :

$$\varepsilon = \frac{\mu}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (5)$$

при $\varepsilon < 3\%$ точность считается хорошей, при $3\% < \varepsilon < 5\%$ -удовлетворительной.

- 3) предельной ошибки и доверительных границ средней рассматриваемой величины \bar{x} в генеральной совокупности.

Предельная ошибка определяется по выражению:

$$\Delta = t \cdot \mu, \quad (6)$$

где t - доверительный коэффициент, коэффициент Стьюдента.

Используя предельную ошибку выборки можно определить доверительные границы, в которых с определенной вероятностью безошибочного прогноза заключено

действительное значение величины, характеризующей всю генеральную совокупность. И тогда оцениваемая величина, учитывая ее доверительные границы, запишется:

$$x = \bar{x} \pm 1. \quad (7)$$

4) достоверности разницы средних величин t^* .

В научных исследованиях нередко возникает необходимость проведения оценки достоверности разницы результатов, полученных разными методами решения. Иными словами, определяют, существенна ли разница между применяемыми методами или она является случайной. Достоверность разницы между средними значениями величины определяется с использованием критерия Стьюдента по выражению:

$$t^* = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2}}, \quad (8)$$

где $\bar{x}_1, \mu_1, \bar{x}_2, \mu_2$ – средние значения и погрешности репрезентативности оцениваемой величины, найденной разными методами.

Полученные значения t^* сравнивают с табличным значением при выбранном уровне значимости. Если $t^* \geq t_{табл}$ то различия между применяемыми методами при заданном уровне значимости являются достоверными. Иначе, различия признаются случайными и недостоверными.

Был проведен сравнительный анализ показателей точности и достоверности обобщенных критериев эффективности, определенных по выражениям (2) и (3), при решении задачи многокритериальной оптимизации основных элементов и характеристик обстановочных судов с объемом выборки- 90 единиц судов. Показатели точности и достоверности представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели точности и достоверности обобщенных критериев эффективности, определенных по выражениям (2) и (3), при вероятности безошибочного прогноза 95 %.

статистические показатели	обобщенный критерий эффективности, определенный по выражению (3)	обобщенный критерий эффективности, определенный по выражению (2)
среднее значение, \bar{K}	0,61	5,82
среднее квадратическое отклонение, S	0,21	1,06
ошибка репрезентативности, μ	0,023	0,120
предельная ошибка \bar{K} , Δ	0,05	0,23
показатель точности, ε , %	4	2
достоверность разницы средних величин критериев эффективности	$t^* > t_{табл}$, 45,8 > 1,99	

Полученные результаты показывают, что величины погрешности репрезентативности и предельной погрешности больше у среднего значения обобщенного критерия эффективности, определяемого по выражению, которое учитывает параметрическую чувствительность частных критериев оптимальности. Это объясняется, прежде всего, большей величиной значений, получаемых по формуле (2), поскольку в нее добавляется сумма вводимых коэффициентов. Следует понимать, что рассматриваемые погрешности

являются статистическими, и они не связаны с методическими ошибками и ошибками точности подсчетов. Ошибки репрезентативности могут быть существенно уменьшены с ростом объема выборки.

Величина относительной погрешности меньше у среднего значения критерия, найденного по формуле (2) и равна 2%. Это говорит о хорошей точности рассчитанных значений критерия эффективности. Однако то же самое нельзя сказать о значениях критерия, полученных по выражению (3). Здесь точность признается удовлетворительной.

Рассматривая достоверность разницы между рассчитанными значениями критериев эффективности по обоим выражениям, делаем вывод о неслучайной разнице значений, она достоверна.

Таким образом, оценка и анализ погрешностей и показателей, приведенных в таблице 1, позволяют сделать выводы: о точности и достоверности предлагаемого выражения для обобщенного критерия эффективности, который учитывает параметрическую чувствительность; о возможности применять эту формулу для всей генеральной совокупности обстановочных судов внутреннего плавания с вероятностью безошибочного прогноза 95%. Однако, этот вывод нельзя перенести на другие типы судов, поскольку для них аналогичные исследования еще не были проведены. Для того, чтобы создать более полное представление об эффективности решения задачи многокритериальной оптимизации судов с учетом параметрической чувствительности, необходимо рассмотрение и анализ большего числа задач со всеми существующими типами судов

Список литературы:

- [1] Кузнецова, В.В. Численный анализ эффективности многокритериальной оптимизации судна с учетом параметрической чувствительности / В.В. Кузнецова, Е.П. Роннов // Труды 18-го международного научно-промышленного форума «Великие реки – 2016». Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2016. – Вып. 5. - Режим доступа: <http://вф-река-море.рф>.
- [2] Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский - М.: Наука, 1976.- 278 с.
- [3] Браунли, К.А. Статистическая теория и методология в науке и технике / К.А. Браунли.- М.: Наука, 1977.-408 с.

ERROR ESTIMATION AND RELIABILITY OF A CRITERION OF EFFICIENCY, GIVEN A PARAMETRIC SENSITIVITY DURING OPTIMIZATION OF THE VESSEL V.V. Kuznetsova

Key words: optimization, multi-criteria optimization, parametric sensitivity in the optimization vessel's, the accuracy of a sample survey.

The results of solving the problem of multicriteria optimization situational vessel with the use of additive convolution of partial criteria of efficiency with and without taking into account the parametric sensitivity. The analysis of the indicators of precision and accuracy of the proposed expressions for the generalized criterion of efficiency, taking into account the input of additional factors.