УДК 681.518.3

Касумов В.А., д.т.н.,
orcid.org/0000-0003-3192-4225,
Алиева К.Дж.,
orcid.org/0000-0003-3924-7951

КОРРЕКЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Азербайджанский Технический Университет

gasumov@yahoo.com
k_aliyeva_ba@mail.ru

Введение

Хорошо известно, что в настоящее время широко используется понятие неопределенности результата измерения. Соответствующие термины измерительной техники изложены в «Руководстве по выражению неопределенности в измерениях» [1]. Следует отметить, что этот руководящий документ одобрен и принят многими национальными институтами метрологии и позволяет обеспечить воспроизводимость измерений. Существует также документ пол названием «Выражение неопределённости и измерений в калибровке» (шифр EA-4/02) [2], разработанный на основе вышеуказанного руководства.

Описание системы и постановка задачи

Измерительные процессы могут быть охарактеризованы формальными моделирующими уравнениями, характеризующими взаимосвязь измеряемого параметра z со входными показателями $y_1, y_2, y_3 ... y_n$ в виде

$$z = \varphi(y_1, y_2, y_3 ... y_n)$$

Следовательно, неопределенность измеренной величины z определяется как

$$\sigma^2(z) = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y_i}\right)\sigma^2(y_i) + 2\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n}\frac{\partial\varphi}{\partial y_i}\cdot\frac{\partial\varphi}{\partial y_j}\sigma(y_i, y_j) \quad (1)$$

где $\sigma(z_i)$ - неопределенность (с.к.о) в величине y_i; $\sigma(y_i, y_j)$ – ковариация y_i и y_j.

Если входные параметры некоррелированны, из выражения (1) получим

$$\sigma^2(z) = \sum_{i=1}^{n} d_i \cdot \delta^2(y_i) \quad (2)$$

где

$$d_i = \frac{\partial\varphi}{\partial y_i};\ i = \overline{1, n}$$

При этом $\frac{\partial\varphi}{\partial y_i}$ являются коэффициентами чувствительности в отношении зависимости z от различных измеряемых параметров.

В настоящей статье анализируется возможность замены коэффициентов d_i соответствующими экспертными оценками при калибровке излучателей фотометров и применения метода линейного программирования для оптимизации процесса коррекции на базе экспертных знаний.

Метод рассчета

На рис. 1 показана блок-схема установки для коррекции излучателя по светимости.

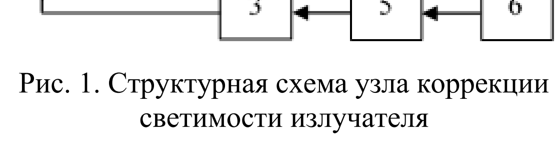

Рис. 1. Структурная схема узла коррекции светимости излучателя

Приняты следующие цифровые обозначения:

1– испытуемый излучатель;

2 – фотоприемник;
3 – источник питания;
4 – цифровой вольтметр;
5 – узел управления;
6 – блок ввода экспертных данных.

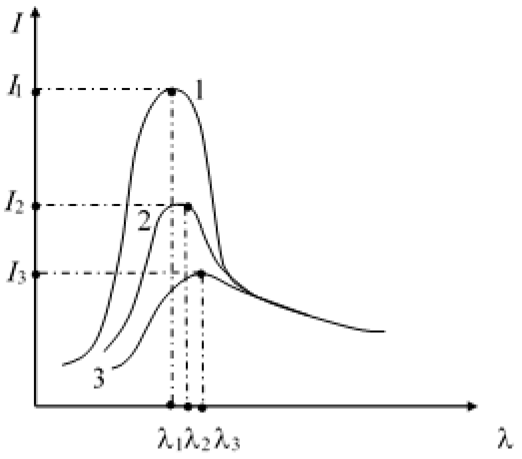

Рис. 2. Спектральные характеристики излучателя при разных температурах

Этот эффект условно показан на рис. 2, где кривая 1 – спектр излучения при температуре T_1; кривая 2 – спектр излучения при температуре T_2 и кривая 3 – при температуре T_3, где $T_3 > T_2 > T_1$.

Следует отметить, что неопределённость интенсивности излучения возникает из-за нескольких причин, к числу которых также можно отнести: нестабильность тока опорного источника; нестабильность сопротивления резистора в цепи питания; нестабильность дистанции между излучателем и приемником; нестабильность конструктивных параметров самого излучателя и старение и т.д.

Большое количество таких параметров, вызывающих нестабильность эмиссионной характеристики, диктует необходимость использования экспертного знания для управления и коррекции состояния спектральной эмиссионной характеристики излучателя путем изменения тока излучателя.

При этом ставится задача оптимального управления током излучателя в смысле достижения минимальной разницы между опорной спектральной характеристикой и реальной характеристикой. Далее рассматривается вопрос о возможности использования метода линейного программирования для оптимизации управления внешним излучателем на основе экспертных знаний. Рассмотрим простейший случай уравнения (2) в виде

$$\sigma^2(z) = d_1\sigma^2(y_1) + d_2\sigma^2(y_2) \qquad (3)$$

В уравнении (3) y_1 и y_2 определяется по следующим формулам

$$y_1 = \left|I_{on}(\lambda_1) - I_p(\lambda_1)\right| \qquad (4)$$

$$y_2 = \left|I_{on}(\lambda_2) - I_p(\lambda_2)\right| \qquad (5)$$

где $I_{on}(\lambda_1)$ – амплитуда опорной спектральной характеристики на длине волны λ_1;

$I_{on}(\lambda_2)$ – амплитуда опорной спектральной характеристики на длине волны λ_2;

$I_p(\lambda_1)$ – амплитуда реальной спектральной характеристики на длине волны λ_1;

$I_p(\lambda_2)$ – амплитуда реальной спектральной характеристики на длине волны λ_2.

В рассматриваемом случае весовые коэффициенты d_1 и d_2 назначаются экспертами. При этом коэффициенты d_1 и d_2 назначаются применительно к реальному сроку использованного ресурса излучателя, т.е. имеем следующие ограничительные условия

$$C_1 \ge d_{11}\sigma^2(y_1) + d_{21}\sigma^2(y_2) \qquad (5)$$

$$C_2 \ge d_{12}\sigma^2(y_1) + d_{22}\sigma^2(y_2) \qquad (6)$$

$$C_3 \ge d_{13}\sigma^2(y_1) + d_{23}\sigma^2(y_2) \qquad (7)$$

где C_i, $i = \overline{1,3}$ – задаваемые ограничения; d_{ij}; $i = \overline{1,2}$; $j = \overline{1,3}$ – экспертные оценки.

В качестве целевой функции принимаем следующее уравнение

$$F = d_{1,4}\sigma^2(y_1) + d_{2,4}\sigma^2(y_2) \qquad (8)$$

где $d_{1,4} = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} d_{1,j}$; $d_{2,4} = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} d_{2,j}$.

Суть решаемой оптимизационной задачи заключается в нахождении оптимальных величин $\sigma(y_1)$ и $\sigma(y_2)$, при которых F достигает минимальной величины. Графическое решение задачи линейного программирования показаны на рис.3, где приняты следующие обозначения: aa_1 –

ограничительная линия, соответствующая условию (6); bb_1 – ограничительная линия, соответствующая условию (7); cc^1 – ограничительная линия, соответствующая условию (8); oo_1 – центральная линия, получаемая из уравнения (9) при $F = 0$; dd_1 – основная опорная плоскости; dd_1^1 – основание смещенной опорной плоскости.

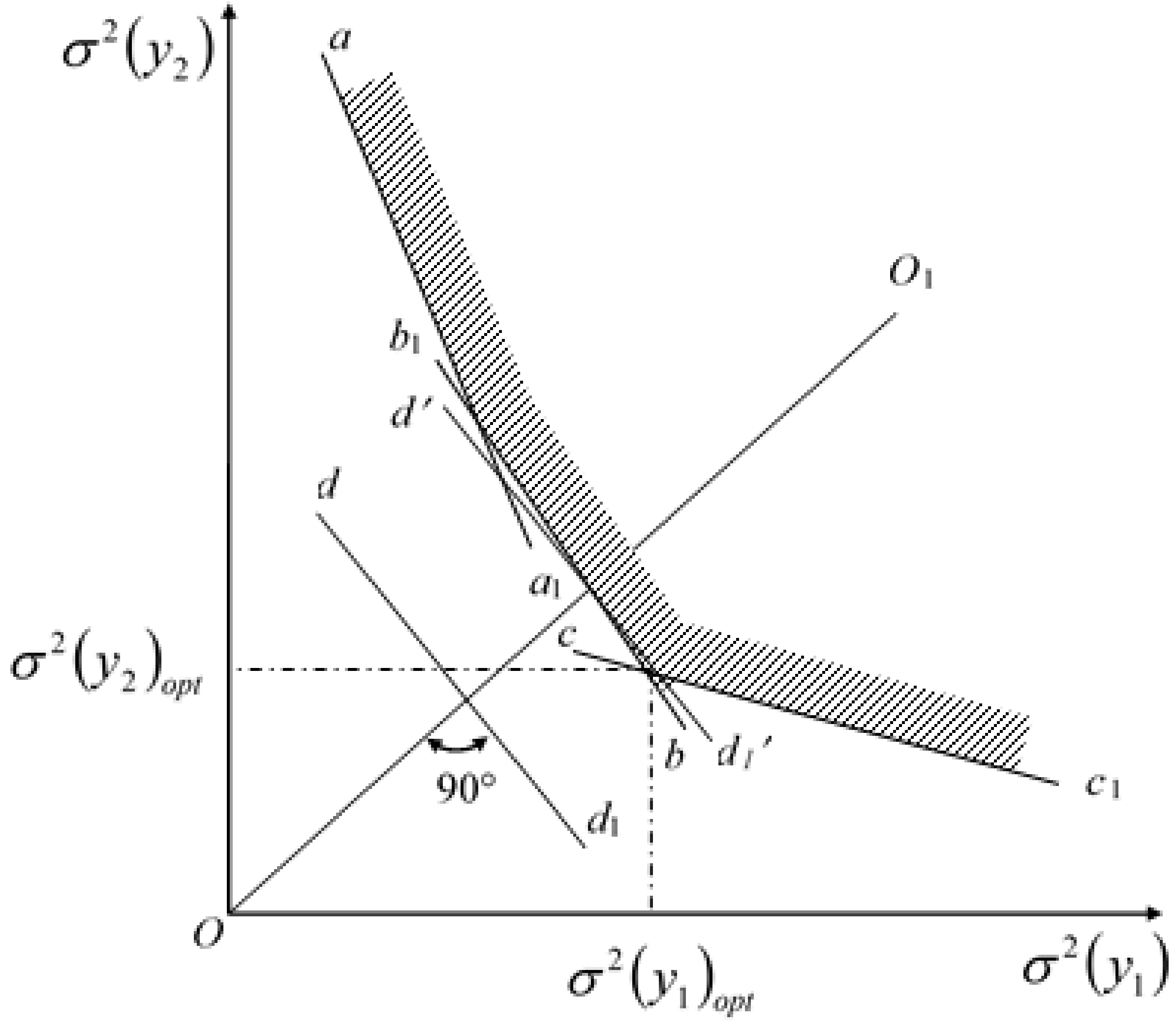

Рис. 3. Геометрическая интерпретация решения задачи линейного программирования нахождения оптимальных величин $\sigma^2(y_2)$ и $\sigma^2(y_1)$ для оперативного управления излучателем

Как видно из графического построения, приведенного на рис. 3, узловая точка S_2 оказывается оптимальной точкой, координаты которой определяют режимные оптимальные значения неопределенностей $\sigma^2_{op}(y_2)$ и $\sigma^2_{op}(y_1)$.

Практическая польза от проведенной оптимизации заключается в периодической корректировке тока питания излучателя. Таким образом, чтобы на каждом этапе функционирования излучателя показатели $\sigma^2(y_1)$ и $\sigma^2(y_1)$ находились максимально близко к вычисленным оптимальным величинам $\sigma^2_{op}(y_1)_{opt}$ и $\sigma^2_{op}(y_1)_{opt}$.

Такой порядок оптимизации позволяет иметь единые ориентиры на весь срок службы излучателя и позволяет объективно и максимально эффективно использовать экспертные знания.

Выводы

В заключении сформулируем основные выводы проведенного исследования:

1. Показано, что при некоррелированности причин, приводящих к нестабильности спектральной характеристики излучателя, задача оптимизации коррекции функционирования излучателя может быть сформулирована и решена методом линейного программирования.

2. Показан конкретный условный пример проведения оптимизации режима коррекции функционирования излучателя по методу линейного программирования.

Литература

1. International Organization for Standardization, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 2nd ed. – Geneva, 1995.

2. European co-operation for Accreditation, Expression of the Uncertainty of measurement in Calibration, EA-4/02. – 1999.

3. *Basu A., Srivatsa K.M.K., Chakraborty T.K., Bhattacharya T.K.* Fabrication of harrow bandpass filters for wavelength division multiplexing application – A feasibility study // Indian Journal of Engineering & Materials Science, 2007. – Vol. 14. – P. 125-132.

Касумов В.А., Алиева К.Дж.

КОРРЕКЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Линейное программирование (ЛП) – это направление математического программирования, изучающее методы решения экстремальных задач, которые характеризуются линейной зависимостью между переменными и линейным критерием.

Методы линейного программирования применяют к практическим задачам, в которых: необходимо выбрать наилучшее решение (оптимальный план) из множества возможных; решение можно выразить как набор значений некоторых переменных величин; ограничения, накладываемые на допустимые решения специфическими условиями задачи, формулируются в виде линейных уравнений или неравенств; цель выражается в форме линейной функции основных переменных. Значения целевой функции, позволяя сопоставлять различные решения, служат критерием качества решения.

Для практического решения задачи математическими методами ее прежде всего следует записать с помощью математических выражений: уравнений, неравенств и тому подобное. Исходя из отмеченных выше особенностей задач линейного программирования, можно наметить следующую общую схему формирования модели: выбор некоторого числа переменных величин, заданием числовых значений которых однозначно определяется одно из возможных состояний исследуемого явления; выражение взаимосвязей, присущих исследуемому явлению, в виде математических соотношений (уравнений, неравенств); эти соотношения образуют систему ограничений задачи; количественное выражение выбранного критерия оптимальности в форме целевой функции; математическая формулировка задачи как задачи отыскания экстремума целевой функции при условии выполнения ограничений, накладываемых на переменные.

В данной статье показано, что при некоррелированности причин приводящих к нестабильности спектральной характеристики излучателя задача оптимизации коррекции функционирования излучателя может быть сформулирована и решена методом линейного программирования. Показан конкретный условный пример проведения оптимизации режима коррекции функционирования излучателя по методу линейного программирования.

Gasimov V.A., Aliyeva K.J.

CORRECTION OF RADIATION SOURCES OF PHOTOMETRIC DEVICES USING THE LINEAR PROGRAMMING METHOD

Linear programming (LP) is a branch of mathematical programming that studies methods for solving extreme problems, which are characterized by a linear relationship between variables and a linear criterion.

Linear programming methods are applied to practical problems in which: it is necessary to choose the best solution (optimal plan) from the set of possible ones; a solution can be expressed as a set of values of some variables; restrictions imposed on admissible solutions by specific conditions of the problem are formulated in the form of linear equations or inequalities; the goal is expressed as a linear function of the main variables. The values of the objective function, allowing you to compare different solutions, serve as a criterion for the quality of the solution.

For the practical solution of the problem by mathematical methods, it should first of all be written using mathematical expressions: equations, inequalities, and the like. Based on the features of linear programming problems noted above, we can outline the following general model formation scheme: selection of a certain number of variable quantities, the assignment of the numerical values of which uniquely determines one of the possible states of the phenomenon under study; expression of the relationships inherent in the phenomenon under study in the form of mathematical relationships (equations, inequalities); these ratios form a system of problem constraints; quantitative expression of the selected criterion of optimality in the form of an objective function; mathematical formulation of the problem as the problem of finding the extremum of the objective function, subject to the fulfillment of the constraints imposed on the variables.

This article shows that if the reasons leading to the instability of the spectral characteristics of the emitter are not correlated, the problem of optimizing the correction of the emitter functioning can be formulated and solved by the linear programming method. Shown is a specific conventional example of optimization of the mode of correction of the operation of the emitter by the method of linear programming.