

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

РАСЧЕТ ИНФОРМАЦИОННОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ «АСТРОНОМИЧЕСКОГО НАБЛЮДАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

В. С. Рылов

Предлагается методика расчета информационной и экономической эффективности для действующего инструмента на основе конкретного наблюдательного материала.

Proposed a method of calculation of informational and economic efficacy for the instrument in force on the base of the concrete observant material.

Современный наблюдательный инструмент в астрономии состоит из многих компонентов и наряду с телескопом включает оптико-механические узлы для спектрального разложения оптического излучения, усилители света, фотодетекторы, носители информации ЭВМ.

Такой комплекс сложной и дорогостоящей аппаратуры требует серьезного анализа его информационной и экономической эффективности как при разработке, так и эксплуатации инструмента. Объективная оценка эффективности изготовленного инструмента по единому критерию дает возможность сопоставлять различные инструменты, оптимизировать состав измерительных средств, судить, насколько удачно подобраны условия наблюдений, в которых работает инструмент (яркость объектов наблюдения, качество изображения и т. д.). Простои, вызванные неисправностью аппаратуры, время, затрачиваемое на перенаведение телескопа с одного объекта на другой, должны учитываться.

Единственным параметром, который не может быть введен в расчет эффективности, является критерий научной ценности полученных наблюдательных данных.

Представим себе, что наблюдательный инструмент передает на некоторый носитель (например, фотопластинку) изображение протяженного объекта за фильтром или оптического спектра со спектральным разрешением $\Delta\lambda_i$. Если одновременно регистрируется интервал спектра $\lambda_2 - \lambda_1$, то число спектральных элементов равно

$$v_i = (\lambda_2 - \lambda_1) / \Delta\lambda_i.$$

Каждый спектральный интервал занимает $N_x N_y$ элементов разрешения (для электрофотометра $N_x N_y = 1$ и $v_i = 1$; для фотоснимка протяженного объекта $N_x N_y$ равно числу элементов разрешения на изображении и т. д.). Элемент разрешения практически равен площади диафрагмы микрофотометра, при которой сигнал превышает шум в заданном отношении. На спектрограмме каждому $\Delta\lambda_i$ обычно соответствует один элемент разрешения ($N_x N_y = 1$). Элемент разрешения содержит определенное число M_i различных градаций сигнала. По [1], для фотографии число градаций сигнала (яркости) равно

$$M_i \approx 0.8 (T_v - T) / \sigma_{\max},$$

где σ_{\max} — максимальный фотографический шум для принятого элемента разрешения, $T_{\text{в}}$ — пропускание вуали, T — пропускание сигнала и вуали. Для аппаратуры, работающей в режиме счета импульсов, M_i равно отношению сигнала к шуму.

Пусть за время t_i регистрируется число n_i идентичных изображений или кадров одного объекта, тогда объем информации, полученный за время t_i , равен

$$I_i = \nu_i n_i N_x N_y \log_2 (M_i + 1).$$

Чтобы не усложнять задачу расчета I , берется некоторое усредненное M_i по всему кадру, соответствующее среднему пропусканию T .

Для расчета информационной эффективности инструмента, которую мы будем называть пропускной способностью по терминологии теории передачи информации, примем характерное время наблюдений на нем 3 часа. Трехчасовой интервал выбран из следующих соображений: а) в расчет пропускной способности должны входить в неявном виде степень автоматизации телескопа (время наведения, качество гидирования); б) надежность аппаратуры в эксплуатации (простой из-за ремонта, наладок, сбоев). Отсюда интервал должен быть таким, чтобы перечисленные аспекты могли проявиться. Исходя из этого, время должно быть 3 или более часов. С другой стороны, для исключения влияния атмосферы на информационную пропускную способность телескопа, нежелательно, чтобы интервал времени превышал длительность половины средней астрономической ночи. Поэтому здесь принимается время работы на телескопе 3 часа. Очевидно, что чистое наблюдательное время $\Sigma t_i < 3$ час., так как часть времени телескопа тратится на поиск и отождествление объекта, ремонт неисправностей аппаратуры и т. д. Чтобы правильно соотносить значение I одного инструмента со значением I другого инструмента, вводится пересчет на одинаковую яркость m_0 (блеск) объекта наблюдения через время наблюдения. Если реальное время наблюдений в интервале 3 час. t_1, t_2, \dots, t_i , а яркости объектов соответственно равны m_1, m_2, \dots, m_i (зв. вел.), то эквивалентное время t_0 наблюдений, отнесенное к объекту m_0 (зв. вел.), равно

$$t_0 = t_1 10^{(m_0 - m_1)/2.5} + t_2 10^{(m_0 - m_2)/2.5} + \dots + t_i 10^{(m_0 - m_i)/2.5}.$$

Отсюда пропускная способность инструмента будет

$$I_0 = \Sigma I_i / t_0.$$

Для расчета экономической эффективности суммируются стоимость эксплуатации телескопа и светоприемной аппаратуры, зарплата обслуживающего персонала за 3 часа, затраты по модернизации, на лабораторное исследование и материалы. Если эта стоимость составляет P руб., то экономическая эффективность равна $\delta = P/I_0$ руб./бит.

Пример. На фотопластинке снят спектр с разрешением $\Delta\lambda = 10 \text{ \AA}$ в интервале $\lambda_2 - \lambda_1 = 3600 \text{ \AA}$ ($\nu_i = 360$). Высота спектра на фотопластинке 0.4 мм, ширина элемента 10 \AA составляет 0.03 мм ($N_x N_y = 1$). Фотографический шум на площадке фотометрирования 0.4×0.03 мм для плотности почернения $D = 0.2$ пусть $\sigma_{\max} = 0.005$, а $T_{\text{в}} = 0.74$. Среднее пропускание по спектру примем $T = 0.2$ ($D = 0.7$). Тогда $M_i = 86$. Пусть за 3 часа снято 3 спектра с выдержками $t_1 = 1.3$ часа ($m_1 = 15$), $t_2 = 0.3$ часа ($m_2 = 13$), $t_3 = 1$ час. ($m_3 = 14.2$), 0.4 часа потрачено на вспомогательные работы. Для каждой выдержки число кадров $n = 1$. Поэтому $I_1 = I_2 = I_3 = 360 \log_2 87 = 2300$, $t_0 = 1.3 \cdot 10^{-2} + 0.3 \cdot 10^{-1.2} + 10^{-1.68} = 0.053$ час., где принято $m_0 = 10$. Пропускная способность $I_0 = 1.3 \cdot 10^5$ бит/час.

Из приведенных расчетов видно, что в эффективность телескопа и сопутствующей аппаратуры такие параметры, как размер входного зрачка, качество оптики (отражающие покрытия, пропускание, светосила) и свето-

технические характеристики фотодетекторов входят в неявном виде. Определяющим является количество полученной информации за единицу времени (здесь предлагается за один час). Нет необходимости доказывать, что исследователя интересует в первую очередь информативность регистрирующей системы, а не конструктивные данные. Поэтому вводить в расчеты пропускной способности диаметр зеркала или, к примеру, квантовый выход ЭОП не имеет смысла, так как это потребует учета огромного числа и других деталей и, что еще хуже, может создать ложное представление об информационных параметрах наблюдательного инструмента.

Литература

1. Г у р е в и ч С. Б. Эффективность и чувствительность телевизионных систем. М.—Л., «Энергия», 1964, 344 с.

Декабрь 1975 г.
