Итерационное восстановление радиоизображения Солнца с регуляризацией и ограничениями.

С. М. Кузнецова, А. Г. Обухов, Г. Я. Смольков

Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск

Итерационные методы (методы последовательных приближений) в последнее время находят все более широкое применение в практике восстановления изображений, так как они допускают простой учет ограничений непосредственно в схеме итерационного алгоритма задачи восстановления. В радиоастрономии наибольшее распространение получили алгоритмы восстановления в замкнутой форме (аналитическое решение). Среди линейных методов восстановления применяют различные модификации фильтра Винера(Тихонова) в зависимости от способа регуляризации, оценки неизвестных параметров, метода управления параметрами и т.д. Использование линейных методов оправдано в случае не слишком сильных искажений в зашумленности изображений. К сожалению, линейные методы не всегда приводят к эффективному восстановлению. В случае повышения разрешения, а также когда диаграмма направленности не известна точно, можно успешно применять нелинейные методы (метод максимальной энтропии) или итерационные методы с ограничениями. Итерационный алгоритм "Чистки" является алгоритмом без ограничений и, следовательно, не позволяет экстраполировать спектр за пределы полосы пропускания Д.Н. К достоинствам нелинейных алгоритмов в первую очередь можно отнести возможность включения самой различной априорной информации о решении, а также возможность экстраполяции спектра в случае сильных искажений и значительных шумов.

Недостатком нелинейных алгоритмов является медленная скорость вычислений и отсутствие гарантированных приемов обеспечения сходимости.

Итерационные алгоритмы представляют собой альтернативу нелинейным методам. К достоинствам итерационных алгоритмов можно отнести возможность простоты учета нелинейных ограничений, регуляризации и обеспечения сходимости решения задачи. Однако, недостатками этих алгоритмов является большая чувствительность к шуму и медленная сходимость. Следовательно, целесообразно создавать комбинированные алгоритмы. В данной работе рассмотрен один из таких подходов.

Рассмотрим задачу восстановления: g = A f,
где g– наблюдаемая функция радиояркости,
A– диаграмма направленности телескопа,
f– истинное распределение радиояркости
решение на основе метода последовательных приближений с ограничениями и регуляризацией по Тихонову можно представить в виде :
$f^{k+1} = \lambda \cdot r_a * g + [\delta - \lambda h] * \Psi f^k$
r_a– стабилизирующий оператор;
h– диаграмма направленности радиотелескопа;
λ– ускоряющий параметр;
Ψ– оператор ограничений

Стабилизирующий оператор в частотной области:
$\mathrm{R}_a\,(\omega) = \frac{|H(\omega)|^2}{|H(\omega)|^2+\alpha Q(\omega)}$
H(ω) – диаграмма направленности в спектральной области
Q(ω) – стабилизатор
α– параметр регуляризации

Этот метод фактически позволил объединить два этапа восстановления изображения: этап коррекции за искаженную диаграмму направленности и этап экстраполяции спектра в восстановленном изображении.