

функционировала заранее заданным образом, в синергетике изменяются управляющие параметры более или менее непредсказуемым образом, и изучается самоорганизация системы, т. е. различные состояния, в которые она переходит под воздействием «рычагов управления». Фундаментальная роль процессов самоорганизации в природной синергетической системе сводится к выполнению базовых законов сохранения путем стабилизации соответствующих отношений между переменными состояниями, отображаемых в форме соответствующих аттракторов в пространстве состояний, т. е., по существу, к сохранению собственных структур объекта по принципу калибровочной инвариантности. Синергетическая парадигма в теории управления опирается на идею целенаправленной самоорганизации ИТС путем формирования и преднамеренного ввода в исходные модели системы и поддержания с помощью управляющих воздействий желаемых инвариантных многообразий в пространстве состояний системы, на которых естественные свойства объекта наилучшим образом согласуются с требованиями задачи управления. Инвариантные многообразия образуются соотношениями между основными объектами системы, выделяющими соответствующие агрегированные макропеременные, определяющие главные особенности поведения системы. Последовательное уменьшение степеней свободы и их подстройка к макропеременным происходит в синергетической системе в процессе ее целенаправленной самоорганизации. Синергетический подход к синтезу ИТС базируется на соответствующем эффекте сжатия фазового потока в пространстве состояний в процессе редукции избыточных степеней свободы. Это позволяет сформировать желаемые инвариантные многообразия (управляемые параметры порядка) в результате динамической декомпозиции фазового пространства системы. Синтез, реализующий процесс аналитического конструирования агрегированных менеджеров, включает в себя совокупность регулярных процедур перевода управляемого объекта системы в пространстве ее состояний с одного многообразия на следующее, имеющее на единицу меньшую размерность. Рекурсия такого перехода осуществляется с помощью соответствующего закона управления до достижения желаемого уровня многообразия.

Синергетические процессы не только реализуются на различных субстратах: нейронах, объектах и т. д., но и рассматривают при этом пространственно-распределенные среды (ГИС).

УДК 004.932.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФАЗОВОЙ ФУНКЦИИ ПО ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПОЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ

Мякинин О.О.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Интерферометрические измерения используются в самых различных информационно-технических приложениях, в частности, при виброиспытаниях деталей и узлов газотурбинных двигателей (рисунок 1). На основе полученного поля вибросмещений производятся расчеты поля напряжений в узлах газотурбинных двигателей на резонансных частотах и даются оценки надежности испытываемой детали.

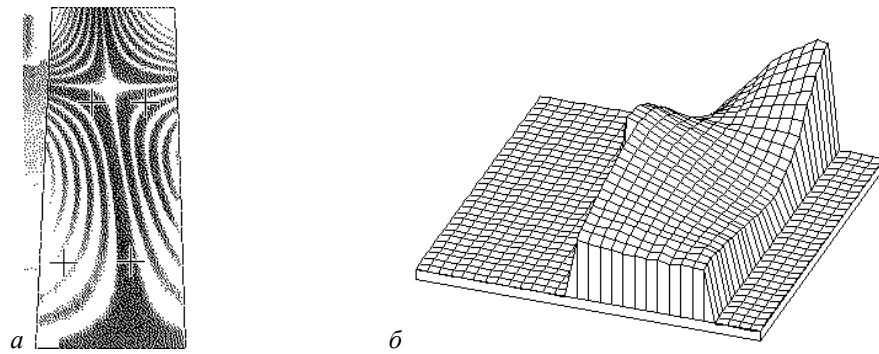


Рисунок 1. Измерение поля вибросмещений: (а) исходная интерферограмма, (б) восстановленное поле вибросмещений

Функция яркости наблюдаемого изображения $I(x, y)$ может быть представлена в виде $I(x, y) = A(x, y) \cos(\omega_x x + \omega_y y + \varphi(x, y)) + B(x, y) + V(x, y)$,

где (ω_x, ω_y) – пространственная частота несущей (для схемы интерферометрии без пространственной несущей $\omega_x = \omega_y = 0$), $\varphi(x, y)$ – фазовая функция, несущая информацию об объекте исследования, $A(x, y), B(x, y)$ – медленно меняющиеся функции, описывающие изменение контрастности и яркости по полю изображения, $V(x, y)$ – шум наблюдения. Целью является восстановление фазовой функции $\varphi(x, y)$ по наблюдаемому изображению $I(x, y)$.

Традиционным подходом к восстановлению фазовой функции является подход на основе преобразования Гильберта, который, однако, может быть использован только при монотонном изменении суммарной фазы $\omega_x x + \omega_y y + \varphi(x, y)$ по некоторому направлению, то есть при наличии пространственной несущей $\omega_x \neq 0, \omega_y \neq 0$.

При отсутствии пространственной несущей ($\omega_x = \omega_y = 0$) однозначное восстановление фазовой функции невозможно. На рисунке 2 проиллюстрирована эта неоднозначность в одномерном случае.

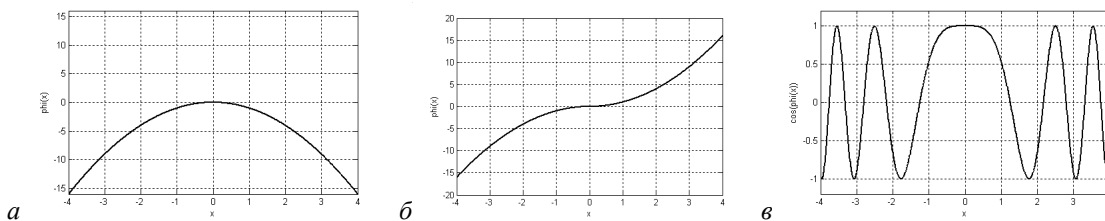


Рисунок 2. Неоднозначность восстановления фазовой функции:

(а) фазовая функция $\varphi_1(x)$, (б) фазовая функция $\varphi_2(x)$, (в) функция яркости $I(x) = \cos(\varphi_1(x)) = \cos(\varphi_2(x))$

В настоящей работе предлагается использовать два метода, решающих проблему неоднозначности восстановления за счёт введения дополнительного ограничения на восстановленную фазовую функцию. Это ограничение заключается в нахождении фазовой функции, обладающей максимальной «гладкостью».

Одним из методов является рекуррентный метод локально-параметрического каузального и полускаузального МНК предсказания и коррекции:

$$\hat{\varphi}(x, y) = w\hat{\varphi}_n(x, y) + 1 - w \hat{\varphi}_n(x, y),$$

где $\hat{\varphi}_n(x, y)$ – предсказанное по МНК значение фазовой функции, рассчитываемое на основе предыдущих оценок фазы, $\hat{\varphi}_n(x, y)$ – измеренное значение фазовой функции в текущей точке x, y , w – весовой коэффициент.

Другим методом является метод, основанный на использовании комплексного поля направлений:

$$\Psi_{x,y} = W_{x,y} \exp[i2\psi_{x,y}],$$

где весовая функция $W_{x,y}$ имеет смысл достоверности (надежности оценки) поля направлений в данной точке, а $\psi_{x,y}$ имеет физический смысл угла наклона касательной к функции яркости. Поле направлений $\Psi_{x,y}$ может быть получено путём свёртки функции яркости $I(x,y)$ с фазовой маской

$$f_{x,y} = \begin{cases} \exp[i \arg(x+iy)] = \frac{x+iy}{\sqrt{x^2+y^2}}, & 0 < x^2+y^2 \leq R^2, \\ 0, & x^2+y^2 > R^2 \text{ или } x=y=0. \end{cases}$$

где R – радиус окна обработки.

Для локальной области достаточно малого радиуса R функция яркости может быть представлена в виде гармонической функции: $I_{x,y} \sim \cos[\omega x \sin \psi + y \cos \psi + \varphi_0]$. Основная идея метода заключается в использовании весовой функции $W_{x,y}$ для оценивания модуля градиента функции яркости.

$$\left| \frac{1}{\omega} [J_1(\omega) H_0(\omega) - J_0(\omega) H_1(\omega)] \sin \varphi_0 \right| \sim W,$$

где функции $J_k(\omega)$ и $H_k(\omega)$ — это цилиндрические функции Бесселя и Струве порядка k , соответственно, ω – локальная частота.

Метод фазовой маски может применяться также на этапе предварительной обработки интерферограммы для устранения шумов. На рисунке 3 показан результат восстановления фазовой функции для сильно зашумлённой интерферограммы, зарегистрированной без пространственной несущей.

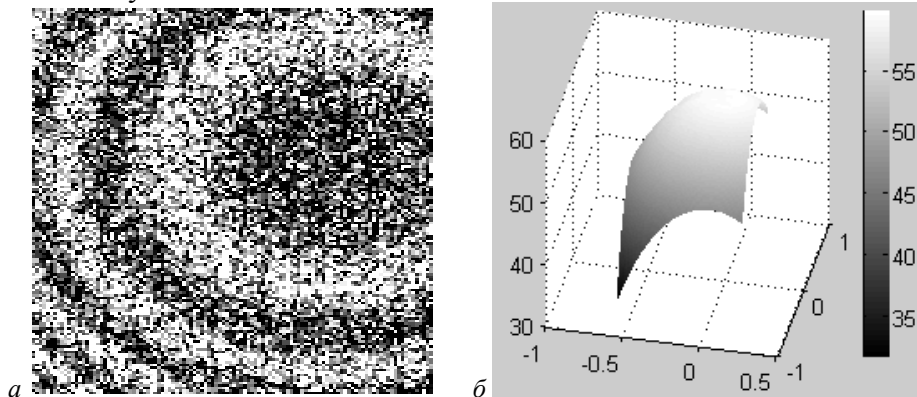


Рисунок 3. Пример восстановления фазовой функции:
(а) - исходное изображение; (б) - восстановленная фазовая функция

УДК 517.9

ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ ЗАДАЧ ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТВЕРДЫХ ТЕЛ С МАЛОЙ ДИССИПАЦИЕЙ

Осинцев М.С., Соболев В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара.

Движение систем твердых тел представляет собой сложную композицию быстрых и медленных движений, что может быть обусловлено наличием в системе малых или больших