

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA APLICADA Universidade de Santiago de Compostela

Alfredo Bermúdez de Castro, Andrés Prieto Aneiros

MANUAL DE USO DEL PROGRAMA PAMM

PAMM

Propagación Acústica a través de Medios Multicapa



2001-2003 Departamento de Matemática Aplicada. USC

1. Introducción

El programa PAMM (Propagación Acústica a través de Medios Multicapa) desarrollado en el Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Santiago de Compostela, permite predecir el comportamiento acústico de medios estratificados formados por materiales de diferentes características. Emplea un modelo unidimensional de manera que supone que las ondas sonoras son planas aunque con incidencia oblicua. Este programa ofrece la posibilidad de construir medios multicapa con un número ilimitado de materiales entre los que figuran cavidades de aire, sólidos elásticos, placas rígidas, placas elásticas (simples o compuestas), medios porosos (con poro abierto o poro cerrado), impedancias de pared y velos porosos.

Una vez introducidos los datos de cada uno de los materiales que forman el medio multicapa a través de la interfaz gráfica del programa, PAMM permite calcular una gran variedad de índices con los que valorar el comportamiento acústico del medio multicapa, como son el nivel de presión sonora, la pérdida de transmisión, el coeficiente de reflexión, el coeficiente de absorción, la impedancia de entrada y salida del medio multicapa. En cualquiera de estos casos, el programa construye una tabla con los valores de cada uno de estos índices y representa gráficamente un barrido respecto a cualquiera de las propiedades físicas que caracterizan al problema de propagación acústica a través del medio multicapa. Además, existe la opción de visualizar una animación de la onda plana solución del problema de propagación.

2. Descripción del programa

La multicapa admite diferentes medios (fluidos, sólidos visco-elásticos, placas rígidas, placas elásticas, medios porosos rígidos o con parte sólida elástica) y diversas interfaces (contacto, impedancia de pared, velo poroso o pared rígida).

El programa implementado en MATLAB posee una interfaz gráfica que permite la introducción de los datos de diferentes medios con los que se puede construir un medio multicapa. Cada una de las fases en las que se puede dividir el programa están esquematizadas en el diagrama de flujo mostrado en la Figura 1.

A continuación se describen los diferentes pasos a realizar para introducir los datos y cuáles son los resultados que proporciona el programa como salida.

• Paso 1.

La introducción de los datos se puede hacer mediante la creación de un nuevo fichero de datos (File-New) o abriendo un fichero ya existente (File-Open...).

• Paso 2.

En este caso escogeremos un archivo ya existente: data1.mat. En el menú Data se pueden ver los diferentes apartados que habría que completar.

En (Configuration...) se introducen el número de medios que forman la multicapa y la frecuencia, el ángulo de incidencia y la amplitud de la onda plana con la que se excita la multicapa. Además, debemos escoger si queremos incluir un actuador para realizar control activo sobre la propagación en la multicapa en alguna de sus interfaces.



Figura 1: Diagrama de flujo del programa PAMM.

| PAMM: Acc | oustic Pro | pagati | on in | Multilayered Media | 1 |
|------------|---|--------|-------|--------------------|---|
| File Crata | Run Gra | phics | Help | | |
| New | <ctrl≻n< td=""><td></td><td></td><td></td><td></td></ctrl≻n<> | | | | |
| Open | <ctrl≻o< td=""><td></td><td></td><td></td><td></td></ctrl≻o<> | | | | |
| Close | | | | | |
| Save | <ctrl≻-w< td=""><td></td><td></td><td></td><td></td></ctrl≻-w<> | | | | |
| Save as | | | | | |
| Exit | <ctrl≻-×< td=""><td></td><td></td><td></td><td></td></ctrl≻-×<> | | | | |
| | | | | | |

Figura 2: Menú File.

En el menú (Layers...) se escoge el tipo de medio para cada una de las capas que forman el medio estratificado con el que trabajamos. Los medios que podemos escoger para formar la multicapa son: fluidos, sólidos viscoeásticos, placas rígidas, placas elásticas simples o compuestas, placas microperforadas, medios porosos con matriz sólida rígida utilizando un modelo tipo Darcy o el modelo de Allard-Champoux y medios porosos con parte sólida elástica tanto de poro abierto como de poro cerrado.



Figura 3: Menú Data.

| Acoustic properties configuration |
|--|
| Data for angle and frequency dependencies: |
| Number of layers: |
| 3 |
| Frecuency (rad/s): |
| frecu |
| Incident angle: |
| 30 |
| Incident wave amplitude |
| Displacement Oressure |
| Amplitude value: |
| 1 |
| |
| Active control position |
| ♦ Yes |
| Crn the inieria: e number |
| |
| |
| OK Cancel |

Figura 4: Ventana Configuration.

Según el tipo de medio escogido aparece una pequeña ventana con los campos donde se introducen los datos relativos a ese medio. En este ejemplo, para un medio poroso con parte sólida rígida modelado mediante las ecuaciones de tipo Darcy, aparece la ventana que se muestra en la figura 6.

| Y PAN | IM: Acoustic Propagati | on in M | Iultilay | vered Media |
|-------|------------------------|---------|----------|---------------------------------------|
| File | Data Run Graphics | Help | | |
| | Configuration | | | |
| | Layers | ⊡Lay | er 1 🖂 | |
| | Interfaces | Lay | er 2 🖂 | Fluid |
| | Vector builder | Lay | er 3 D | Flastic solid |
| | Vector dependencies | | | Digid ploto |
| | | | | Figur plate |
| | | | | Elastic plate |
| 1 | | | | Composed visco-elastic plate |
| | | | | Microperforated plate |
| | | | | Darcy's porous material |
| | | | | Allard-Champoux porous material |
| | | | | Poroelastic material with close pores |
| | | | | Poroelastic material with open pores |

Figura 5: Menú Layers.

| ~ | Darcy's porous material | | - 3 | × |
|---|---------------------------------|-----------|-----|---|
| | Data of layer 2: | | | |
| | Density of fluid part (kg/m^3): | | | |
| | 1.21 | | | |
| | Sound speed (m/s): | | | |
| | 343 | | | |
| | Flux resistivity (Ns/m^4): | | | |
| | 12000 | | | |
| | Thickness (m): | | | |
| | thick | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | OK Cancel | | |

Figura 6: Ventana del medio poroso.

En (Interfaces...) se elige qué condiciones de contorno se emplean en la interfaz común a dos medios, es decir, la forma en que se van a unir. Las interfaces que soporta el programa son: contacto, impedancia de pared, velo poroso y pared rígida.

En este caso se eligió como interfaces Contact. Tanto en este caso como si escogiéramos la opción Rigid wall no tendríamos que introducir ningún dato más. Sin

| PAN | 1M: Acoustic Propagati | on in Multilayered Media |
|------|------------------------|------------------------------------|
| File | Data Run Graphics | Help |
| | Configuration | |
| | Layers | |
| | Interfaces | De Interface 1-2 Diz Contract |
| | Vector builder | Interface 2-3 Dr. Weill immediates |
| | Vector dependencies. | wall impedance |
| | | Porous veil |
| | | Rigid wall |
| | | |

Figura 7: Menú Interfaces.

embargo, cuando escogemos las otras dos opciones aparecerá una ventana en la que debemos introducir los datos de la impedancia asociada a la impedancia de pared y al velo poroso.

Por último, debemos definir los vectores que hemos introducido como datos en las ventanas anteriores.

De hecho, en nuestro ejemplo hemos introducido un vector llamado *frecu* en el campo de la frecuencia de la ventana de configuración y el vector *thick* en el campo del espesor en la ventana de los datos del medio poroso. Para construir estos vectores, utilizamos el menú Data-Vector Builder, que se muestra en la figura 8.

En esta ventana, se introduce el nombre del vector que queremos construir, sus valores extremos y la distancia entre cada una de sus componentes. Debemos hacer notar que todos los vectores construidos van a poseer componentes linealmente espaciadas.

| Name: | | | Built vectors: | | |
|-------------------|-------|---|----------------|------|--|
| | | ~ | frecu thick | | |
| Lower value: | _ _ | | | | |
| Upper value: | | | | | |
| Number of points: | | « | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Figura 8: Ventana Vector builder.

Si en nuestra simulación fuese necesario incluir dependencias lineales entre diferentes

variables, por ejemplo, si queremos estudiar las propiedades de la multicapa con respecto a la frecuencia cuando variamos el espesor y la resistividad al flujo al mismo tiempo, debemos definir estas dependencias en la ventana Data-Vector dependencies como se muestra en la figura 9. En nuestro ejemplo, puesto que sólo hay dos vectores, la definición de las dependencias es trivial.

| Vector dependencies | | |
|-------------------------------|---|-----------|
| Data for vector dependencies: | | |
| X-axis | | Y-axis |
| thick 🗖 | | frecu 🗖 |
| | * | |
| | | OK Cancel |

Figura 9: Ventana Vector dependencies.

• Paso 3.

Una vez introducidos los datos del medio multicapa a simular, se pasa a calcular la solución del problema empleando el menú (Run). En él, se escogen las diferentes opciones de cálculo: control pasivo y control pasivo-activo en sus diferentes versiones (reflexión nula, adaptación de impedancias y liberación de presión).

| Y PAN | /M: Ac | oustic Propagation in Multilayered Media | | | | |
|---|--------|---|--|--|--|--|
| File Data Run Graphics Help | | | | | | |
| Pasive control | | | | | | |
| | | Pasive-active control: Optimal reflexion | | | | |
| | | Pasive-active control: Impedance matching | | | | |
| Pasive-active control: Pressure release | | | | | | |

Figura 10: Menú Run.

• Paso 4.

La representación gráfica de los resultados es la última de las etapas, para la que se emplea el menú (**Graphics**) en el que se pueden escoger los resultados que se quieren representar gráficamente.

| | PAMM: Acoustic Propagation in Multilayered Media | | | | | | | | | |
|---|--|------|-----|-----------------|--|--|--|--|--|--|
| | File | Data | Run | Graphics Help | | | | | | |
| ľ | | | | Plot | | | | | | |
| | | | | Wave animation | | | | | | |
| | | | | Response plot | | | | | | |
| | | | | Response values | | | | | | |

Figura 11: Menú Graphics.

En este ejemplo se escogieron en la salida gráfica todas las posibilidades que hay disponibles. Cuando se ejecuta (Plot) se obtiene la ventana que muestra la figura 12.



Figura 12: Ventana de salida.

Si tenemos seleccionada la opción (Graphics-Response plot), al pulsar con el botón derecho del ratón sobre la gráfica correspondiente (la situada en la parte inferior de la ventana) se despliega un menú en el que se puede escoger cuál es la

variable que se quiere pintar en el barrido. Las variables que soporta el programa son: la pérdida de transmisión, el nivel de presión sonora, los coeficientes de reflexión y absorción y las partes reales e imaginarias de la impedancia de entrada y salida a la multicapa.



Figura 13: Menú contextual.

Por otra parte, si pulsamos con el botón izquierdo del ratón sobre esta misma gráfica, podemos conocer el valor exacto de la variable en ese punto del barrido, que aparecerá señalado en las dos listas que aparecen a la derecha de las gráficas. Además, una vez seleccionado un punto del barrido podemos ver la animación de la solución del problema de propagación, sin más que pulsar con el botón derecho del ratón sobre la gráfica situada en la parte superior de la ventana principal y escoger la opción Animation.

Al finalizar nuestro trabajo con la multicapa que hemos creado, tenemos dos opciones. La primera es guardar todos los datos que hemos introducido utilizando el menú File-Save as.... La segunda opción es cerrar esta simulación sin guardar los datos para lo que usaremos el menú File-Close. Por último, para salir del programa, sólo debemos escoger la opción Exit del menú File.