

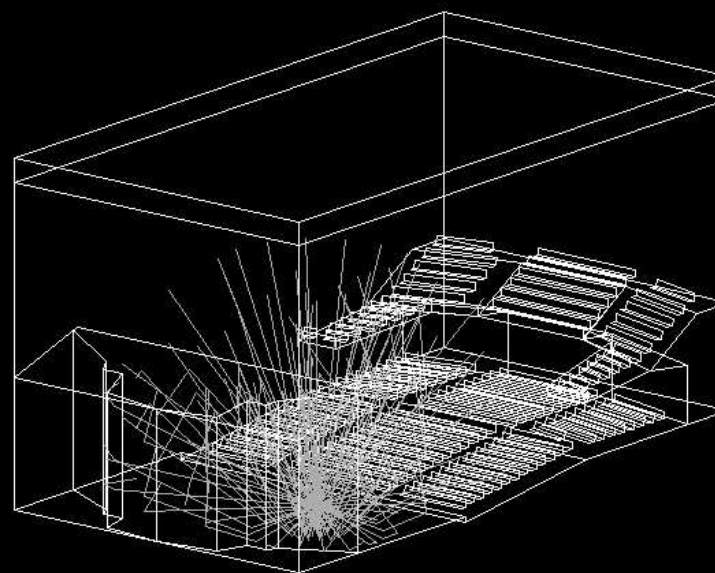
Akusztikai tervezés a geometriai akusztika módszereivel

Fürjes Andor Tamás

BME Híradástechnikai Tanszék

Kép- és Hangtechnikai Laborcsoport,

Rezgésakusztika Laboratórium

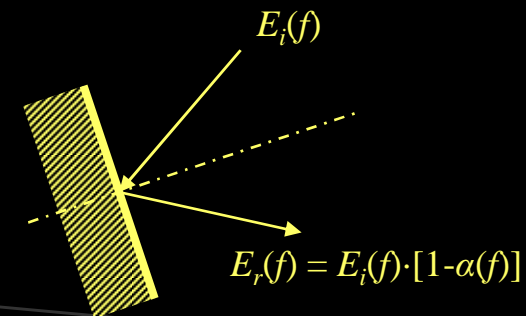
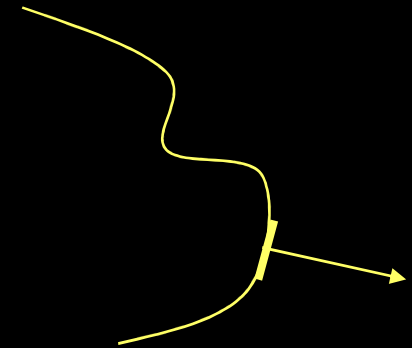


Tartalom

- A geometriai akusztika módszere – áttekintés
- Számítógépes modellezés
- Alkalmazás

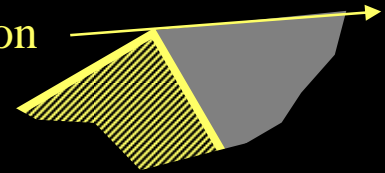
Geometriai akusztika - elmélet

- △ Hangsugár definíciója:
a hullámfront egy síkhullámnak tekinthető darabkájának mozgása...
- △ A hangsugár iránya megváltozik, ha
a közeg egy jellemzője (pl. hőmérséklet) megváltozik a hangsugár útjában (refrakció).
- △ A hangsugár visszaverődik, ha
tökéletesen merev és sík, végtelen kiterjedésű felület (akadály) található a hangsugár útjában – a beesési és visszaverődési szögek azonosak.
- △ A hangsugár energiát veszít
 - haladása közben (levegő nyelése – dB/m),
 - visszaverődéskor (felület elnyelése - α).



Geometriai akusztika - korlátok

- △ Az akadályok véges kiterjedésűek, így
 - a visszaverődés és a terjedés nem írható le tisztán geometriai módon
 - a geometriai módon adódó „árnyéktér” nem létezik - diffrakció



- △ Az akadályok nem tökéletesen síkok és merevek, ezért
 - a visszaverődés nem csak geometriai – diffúz (szórt) visszaverődés,
 - a visszaverődési energiaelnyelés a beesési szögtől is függ.

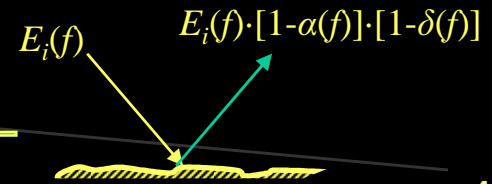
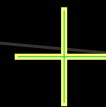
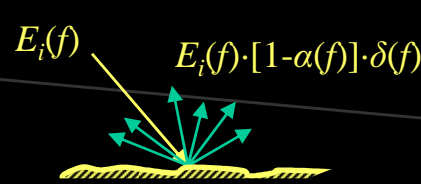
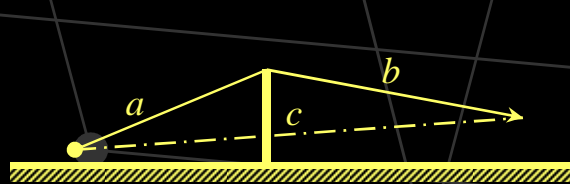


Érvényességi feltétel

A vizsgált frekvenciának megfelelő hullámhossz jóval nagyobb ($\times 3... \times 6$), mint az akadályok lineáris mérete.

A leírás hibáira bevezetett közelítések:

- Fresnel-számon alapuló diffrakciós közelítések (pl. Kurze-Anderson formula),
- diffúztéri avagy „véletlen beeséshez tartozó” elnyelési tényező, diffúzitási tényező (δ).

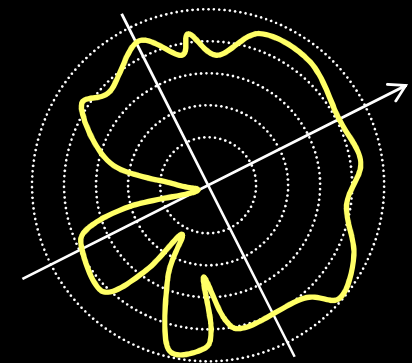
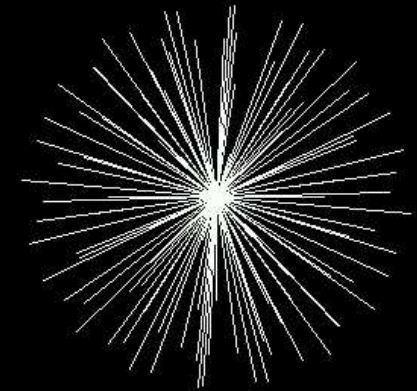


Geometriai akusztika – források, vevők

- △ A hangsugarak a forrásból indulnak ki
 - pontforrás,
 - vonalforrás,
 - felületi forrás.

- △ A források jellemzői
 - hangnyomás, intenzitás, illetve ezek
 - komplex (amplitúdó + fázis) irányfüggése, az iránykarakterisztika

- △ Reciprocitás
A források és a vevők felcserélhetők.



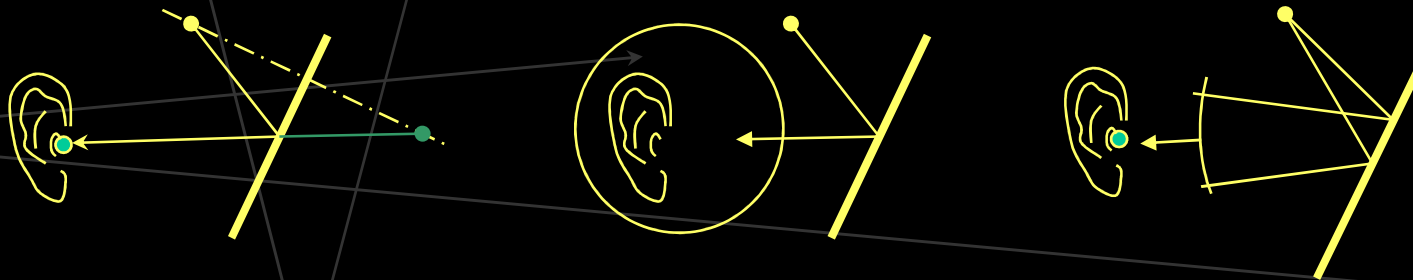
Számítógépes modellezés a geometriai akusztika módszerével

△ Alapvető feltételezések

- geometriai akusztika feltételezései érvényesek – frekvenciakorlát,
- időinvariancia,
- linearitás (konvolúció),
- impulzusjellegű gerjesztés (impulzusválasz, nem állandósult állapot).

△ Alapvető eljárások

- tükörforrások módszere (pontos, de számításigényes),
- sugárkövetés (egyszerű, de detektáló felület kell, így statisztikus eredmény),
- nyalábkövetés (praktikus, véges kiterjedésű hullámfront-felület darabok követése)



Számítógépes modellezés II.

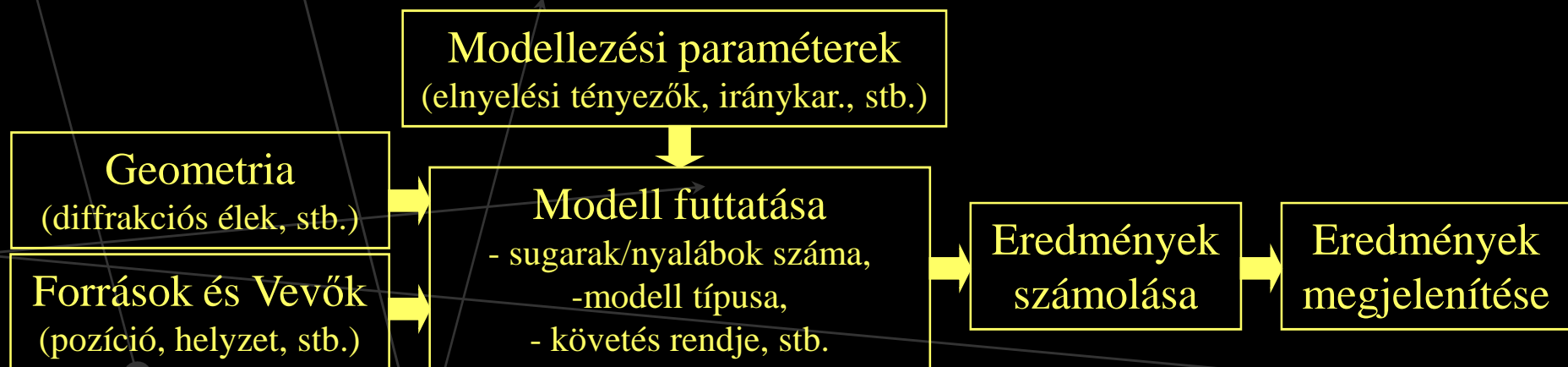
▲ Nem-geometriai jelenségek közelítése

- diffúz visszaverődések: véletlen visszaverődések külön követése, „radiant”-módszer, stb.
- diffrakció: kijelölt élekre diffrakciós csillapítás, „éldiffúzió”,
- refrakció: közeghatárok, mint „áteresztő” felületek

▲ Detektálás

- inkoherens: energia-jellegű vizsgálat,
- koherens: interferencia-jellegű vizsgálat (csak tükörforrás és nyalábkövetés esetén).

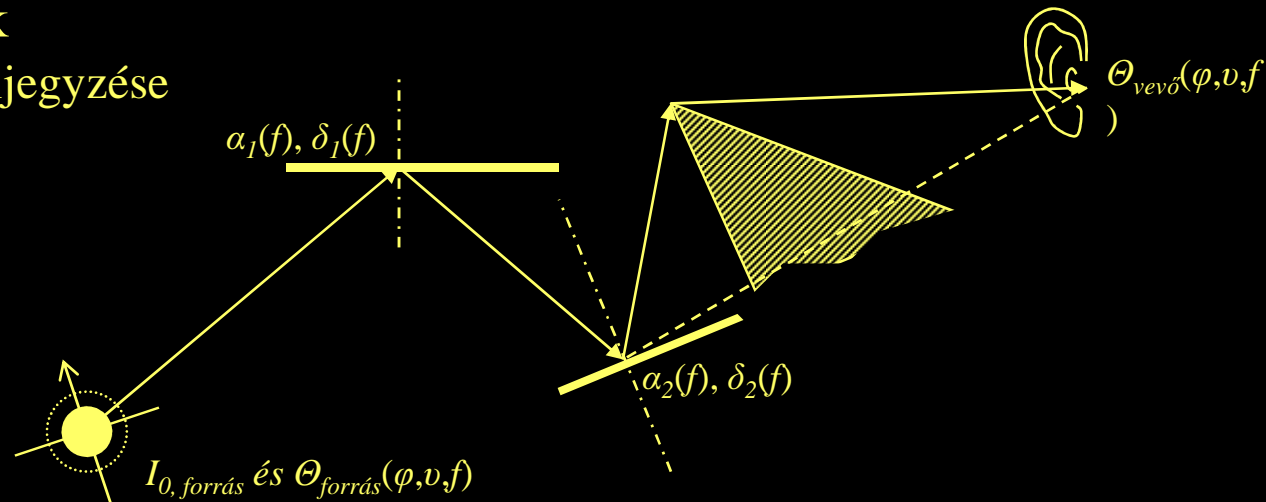
▲ A modellezés menete



Számítógépes modellezés III.

△ Eredmények

- hangutak feljegyzése



- echogram – a hangutak feljegyzései és a modellezési paraméterek alapján

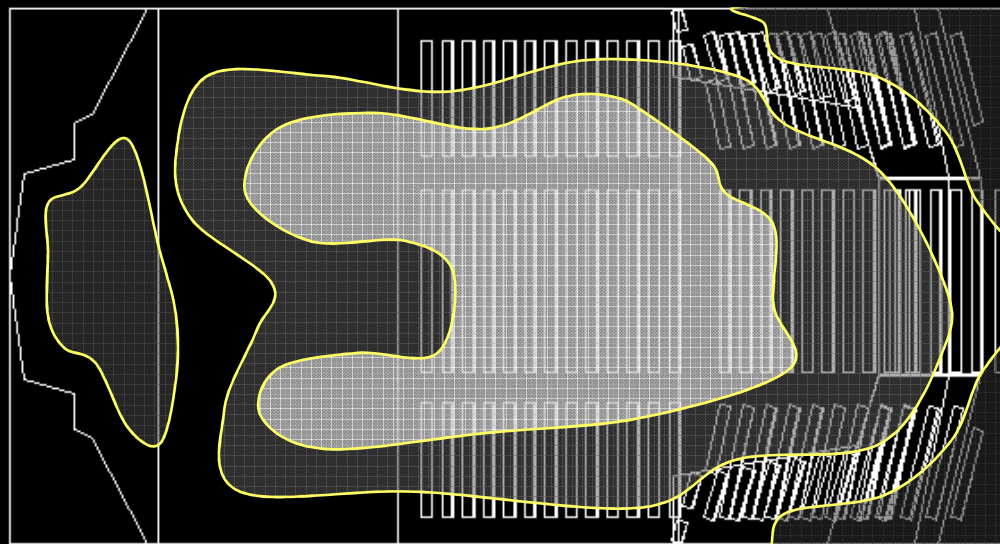
- akusztikai paraméterek – az echogram alapján, a vizsgálat célja szerint



Számítógépes modellezés IV.

△ Eredmények ábrázolása

- eloszlási ábrák,
- táblázatok,
- grafikonok...



Alkalmazás

△ Zárt terek modellezése

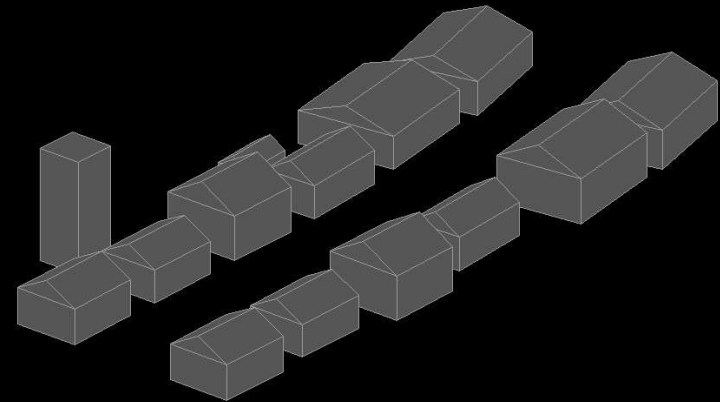
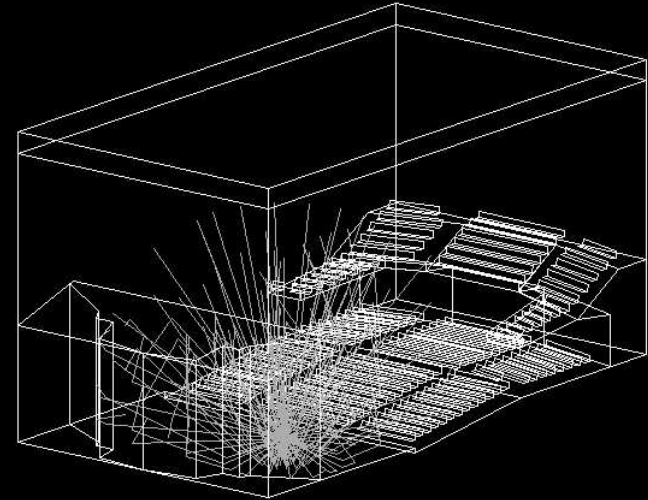
- nagy visszaverődési rend, diffúz tér feltételezése
- energialecsengés számítása,
- szélessávú impulzusválasz számítása,
- szemléltetés: konvolúció és auralizáció

△ Félig zárt és nyitott terek modellezése

- kis visszaverődési rend,
- diffrakció és refrakció jelentősége megnő,
- inkább energia-jellegű paraméterek számítása

△ Elektroakusztikus rendszerek modellezése

- zárt, félig nyitott és nyitott terekben egyaránt,
- összetett hangsugárzó rendszerek viselkedésének vizsgálata



Alkalmazás - problémák

△ Modellezési paraméterek bizonytalansága:

- a modellezési paraméterek mérése,
- a modellezési paraméterek implementálása,
- a modell beállításainak bizonytalansága.

△ Modellezett paraméterek bizonytalansága

- milyen paramétert modellezzünk,
- a kapott eredmény mennyire felel meg a szubjektív (érzeti) jellemzőnek. }

△ A modellezés eredményeinek pontosságát befolyásoló tényezők

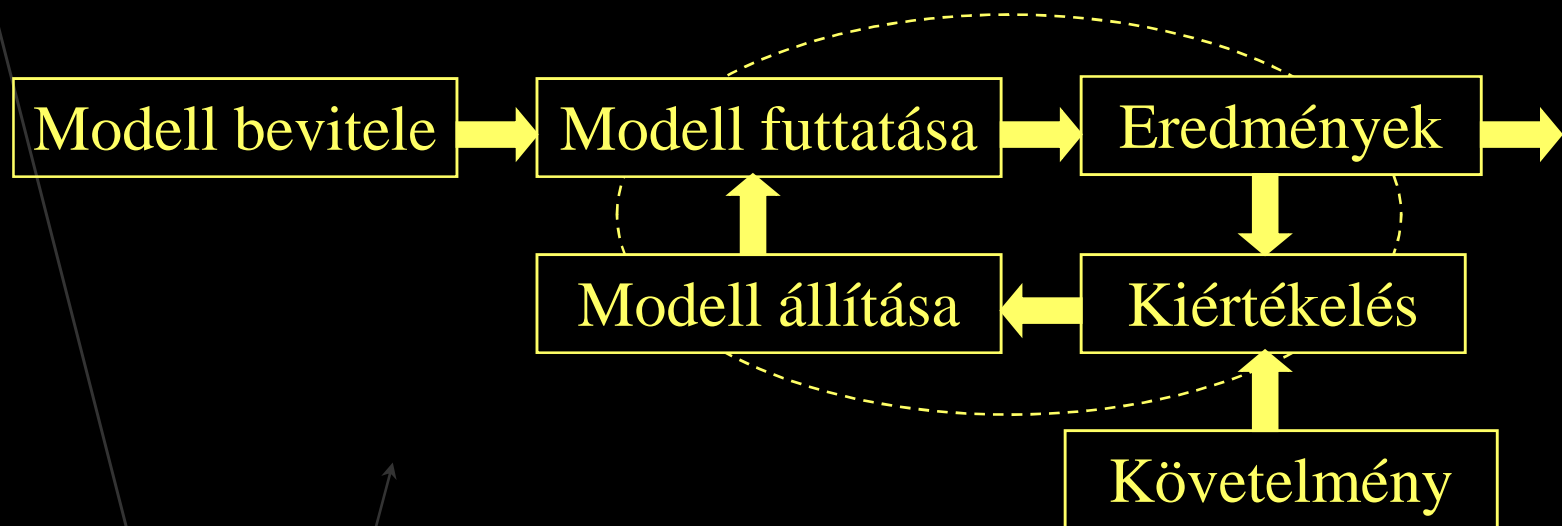
- a modellezési módszer (frekvenciakorlát, térbeli felbontás, stb.),
- a modellezési paraméterek (elnyelések, iránykarakterisztikák, stb.),
- a modell beállítása,
- a modell bevitele (geometria pontossága).

} Fejlesztő

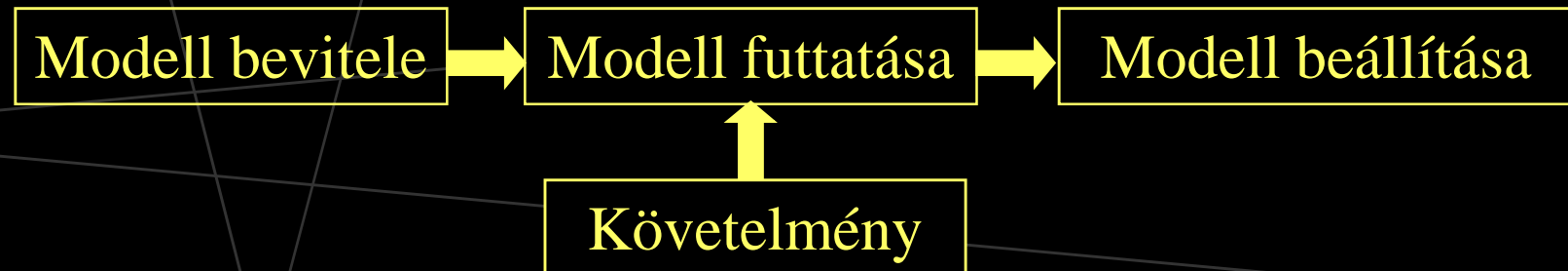
} Felhasználó

Alkalmazás – problémák II.

△ A modellezés gyakorlatának problémája



△ Inverz geometriai akusztika módszere



Összefoglaló

△ A geometriai módszer előnyei

- praktikus, szemléletes,
- könnyen implementálható,
- könnyedén adaptálható a szabványokhoz.

△ A geometriai módszer hátrányai

- az elv korlátjai – relatív közép- és nagyfrekvenciás tartományban érvényes közelítések
- nem-geometriai jelenségek közelítése,
- csak bizonyos szintig növelhető, nem tetszőleges pontosság,
- impulzusjellegű gerjesztések, elsősorban energiajellegű eredmények

△ A modellezések általános hátrányai

- modellezési paraméterek mérése/számítása/adaptációja,
- a modellezés nem ad analitikus választ (de: inverz módszerek),
- követelmények megfogalmazása.

Jövő....

- △ **Kapcsolat más modellező eljárásokhoz**
 - csatolás szerkezetvizsgálati modellekhez (pl. SEA),
 - illesztés frekvenciatartományban végeelem modellekhez (pl. FEM, BEM, FDM).
- △ **Valódi tervezés - analízis**
 - inverz módszereken és szubjektív vizsgálatokon alapuló „szakértői” rendszerek...