

Szilágyi Csaba

Számítógépeken futó matematikai tűzmodellek felhasználási lehetőségei

A számítógépes tűzmodellező programok a mérnöki megközelítésű tűzvédelmi tervezés és megelőzés egyik jövőbeni pillérét jelenthetik. A külföldön már alkalmazott módszerrel végzett kísérleteinek tapasztalatairól számol be szerzőnk.

Programfuttatás – tudást igényel

Napjainkban fő célkitűzése, hogy a lehető legnagyobb biztonságot, a leggazdaságosabb kivitelezés mellett biztosítsuk. Illetve optimális kompromisszumot találjunk, e látszólag két ellentétes tényező között. Azt gondolom, a megoldást nem a sablonok használata, hanem a pontos egyedi méretezések rejtik. A számítógépeken futó tűzmodellező programok újra és újra felűnnek és próbálnak teret nyerni a területen, sajnos inkább csak kisebb sikerekkel. Persze ez az úgymond kisebb siker annak is köszönhető, hogy a programok vagy nagyon drágák, vagy nagyon bonyolult a használatuk. E programok használata, pedig komoly termodinamikai tudást igényel. A programok ugyanis az anyagok alapvető fizikai tulajdonságait használják kiinduló adatként. A költségesebb programok többnyire egy felhasználóbarát adatbeviteli formát használnak, amelyekben a program lépésről-lépésre kéri be a beírandó adatokat. A bevitt adatokra reagálva, pedig úgy módosítja a bevittet, hogy ne keletkezessen fizikai hiba a rendszerben. A bonyolultabb programok felhasználói szintű használatának elsajátítása hosszú időt és sok tapasztalatot igényel. Ezekben a programokban nincs segéd, sok esetben az adatbevitel leginkább egy „programozási nyelvben” megírt programhoz hasonlít, parancsokkal, koordinátákkal, paraméterekkel. Aki próbálkozott már programozási nyelvekkel az bizony tudhatja, hogy a kezdetekben sokszor a program hiba üzenet nélküli lefuttatása is komoly munkát, hibajavítást igényel. Az pedig, hogy megfelelően is dolgozzon külön feladat.

Mire jók ezek a programok?

Eddig sem volt rájuk szükségünk! A jogi szabályozásaink minden esetre adnak megoldást – hallhatjuk a reakciókat. Részben nincs mindenre jogi megoldás, másrészt egy szabályozási paradigmaváltás küszöbén állunk, miközben az építészet fejlődése felgyorsult. Ennek ellenére esetleg első látásra talán nem látszik gyakorlati alkalmazhatóságuk. Mégis mi történik akkor, ha olyasmit építünk, amit még nem ismertek a jogszabályaink, vagy esetleg eltérnénk tőlük. Például tudnánk-e egy alagút tűz esetén, hogyan alakulnak a belső áramlások. A szellőző rendszert kikapcsoljuk, hogy ne legyen levegő utánpótlás, vagy inkább üzemeltessük, hogy biztosítsuk az oxigén ellátást a bent rekedteknek. Magyarországon igen kevés és rövid alagút van, de mi a helyzet a többszintes egylégterű áruházakkal? Vajon hogy viselkedik egy kiterjedt tűz ebben a rendkívül összetett, hő és füstelvezetéses, sprinkleres, tűzjelzős környezetben. Egy tároló tartály tüze esetén milyen védőtávolságokkal lehet a gépjárművek felállítási helyeit meghatározni, illetve adott időjárási körülmények között hogy kell ezeken változtatni. Ilyen és hasonló kérdésekre a nyugat európai és amerikai kollégáink már ezektől a programoktól kapnak válaszokat. Azt sem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy egy nyugat európai országban alapvető elvárás a tűzvédelmi mérnöktől, többféle tűzmodellező illetve evakuációs program ismerete.

Tűzmodellező szoftver

A Fire Dynamics Simulator és az eredményeket megjelenítő Somkieview a National Institute of Standards and Technology (NIST) által kifejlesztett Computational Fluid Dynamics (CFD)

alapú tűz modellező szoftver. A modell matematikai eredményei alapján a Smokeview egy háromdimenziós (CAD szerű) ábrát hoz létre, mely az előre meghatározott időlépcsőnek megfelelően kép kockákon szemlélteti a különböző megjeleníteni kívánt eseményeket, értékeket. Ilyenek lehetnek többek között, a tűz, a füst terjedése, a hőmérsékletek, a különböző gázok koncentrációja, az áramlási sebességek, irányok stb.

Az adott szoftver megbízhatósága igen sarkalatos kérdés. Az FDS-el végzett összehasonlító kísérletekről több tudományos értekezés olvasható külföldi szaklapokban, illetve az Interneten, de összefoglalva igen jók az eredmények. Például a hőmérsékletek és az áramlások előrejelzésében meglepő 80-95% pontosságra, számíthatunk [1],[2],[3].

A CFD modell lényege, hogy a modellezett tér, épület derékszögű kis méretű számítási egységekre, cellákra bontható legyen. A számítások során a modell az egyes cellák fizikai jellemzőit az alapegyenletek alapján külön-külön számítja ki, a cellák geometriai középpontjára nézve. Az áramlásokat a cellák falán keresztül vizsgálja, úgy hogy figyelembe veszi a cella belsejében jelen levő forrást, vagy nyelőt. Az ismételt számításokat akár több tízezerszer végzi el mire a végeredmény megszületik, ezért a program jelentős számítástechnikai erőforrásokat igényel. A modell a sűrűséggel, a sebességgel, a hőmérséklettel, a nyomással és a különböző anyagok koncentrációjával számol.

Hogyan működik a modell?

A program által használt alapegyenletek a tömeg-áramegyenlet, Newton második törvénye, a termodinamika első főtétele, és az ideális gázállapot egyenlet [1].

A modell működését tekintve három részre bontható:

- hidrodinamikai,
- égési, és
- hősugárzási modellre.

A hidrodinamikai modell a Navier-Stokes egyenleten alapszik. Az égési modellben a kevert, illetve direkt égés szimulációjához szükség van az anyagok hőfelszabadulási sebességére vagy párolgáshőjére, és a gyulladási hőmérsékletükre, sűrűségükre, égéshőjükre. A hősugárzási modellben a testekbe érkező hőt a felületre érkező hősugárzás és hővezetés összege adja. Megtörtént tüzeseteknél a tűzvizsgálat során is lehetőség kínálkozik e program használatára. Természetesen nem várhatunk 100%-os lefolyású modelleket, hiszen a legtöbb esetben a helyszínen lévő már elégett anyagok kémiai és fizikai tulajdonságai nem rekonstruálhatóak és a program is hibázhat. Azonban a nemzetközi és saját tapasztalatok azt mutatják, hogy a tapasztalt szakember által készített modellek a vártnál jóval pontosabb eredményeket produkálnak. Ilyen külföldi eredmények a Washington-i 3146 Cherry Road-on 1999. május 30-án történt tüzeset vizsgálata [4], illetve a World Trade Center elleni terrortámadás során keletkező tüzeset tanulmánya [5] is.

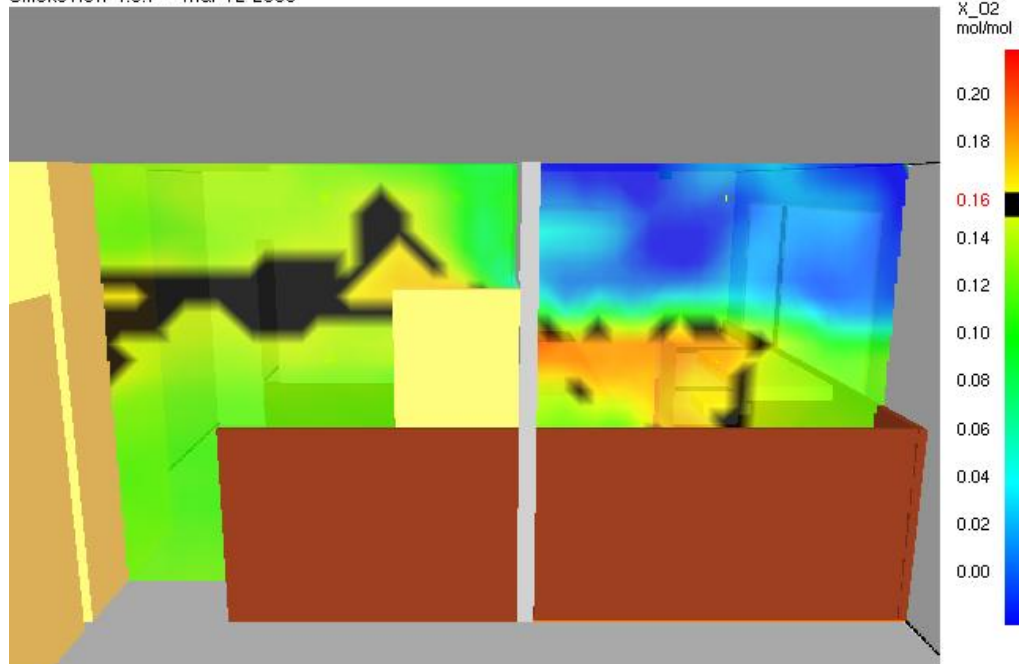
A tűz lefolyása olyan összetett folyamat, amelynek vizsgálata közben, ha csak egy apró, de fontos tényezőt figyelmen kívül hagyunk nem kapunk pontos eredményt. A program mindig rámutat egy-egy újabb fontos tényezőre, egészen addig, amíg létrejön a valóságot legjobban megközelítő eredmény.

Tűzvizsgálattól a tűztávolságig

Saját vizsgálatom egy *panelházban történt tüzeset* volt, ahol a tűz érthetetlen módon nem terjedt tovább a lakás többi részébe. A megoldás a nyitott ablakok mellett is kialakuló oxigénkontrollált égés volt [1. ábra]. 15%-os oxigén koncentráció alatt az égés megszűnik, így a tűz nem tudott tovább terjedni. Máskor a helyiségben kialakuló légáramlatoknak a tűz terjedésére

gyakorolt hatása vezetett a megoldáshoz. A szénmonoxid koncentrációjának és a füstsűrűségének változása, pedig a lehetséges menekülési lehetőségeket veti fel, vagy zárja ki.

Smokeview 4.0.7 - Mar 12 2006



Frame: 304

Time: 425.6

1. ábra. Az éghetőségi határ alá csökkent oxigén koncentráció egy valós tüzeset vizsgálatából.

Smokeview 4.0.7 - Mar 12 2006



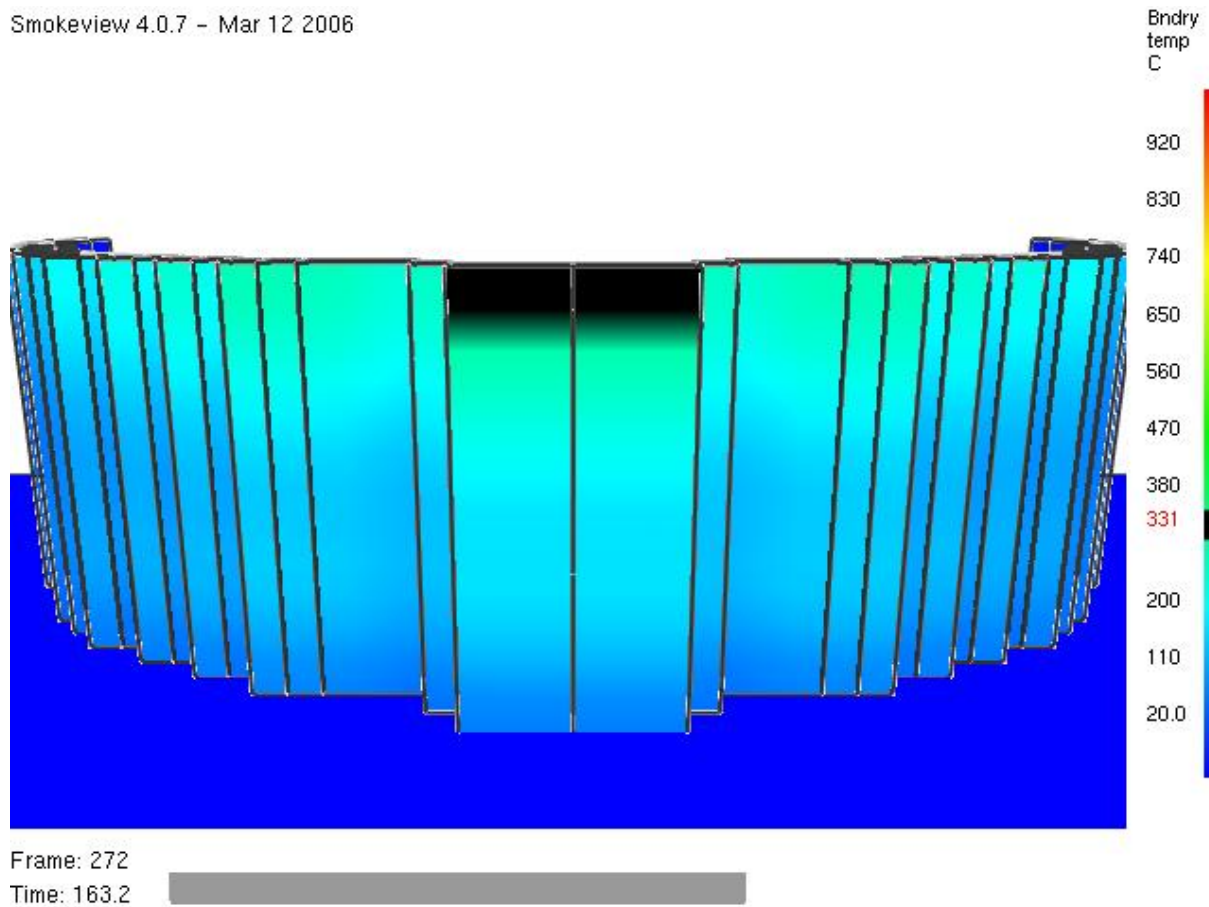
Frame: 410

Time: 123.0

2. ábra Gödör tűz szimulációja két egymástól 50m-re elhelyezkedő éghető folyadék tárolótartály esetén.

Az *éghető folyadék tárolótartályok tüzének* vizsgálatához készített modellek esetében elemezhető a szomszédos tartály hőmérséklete és a környezetben lévő tárgyra beeső hősugárzás értéke [2.ábra],[3.ábra].

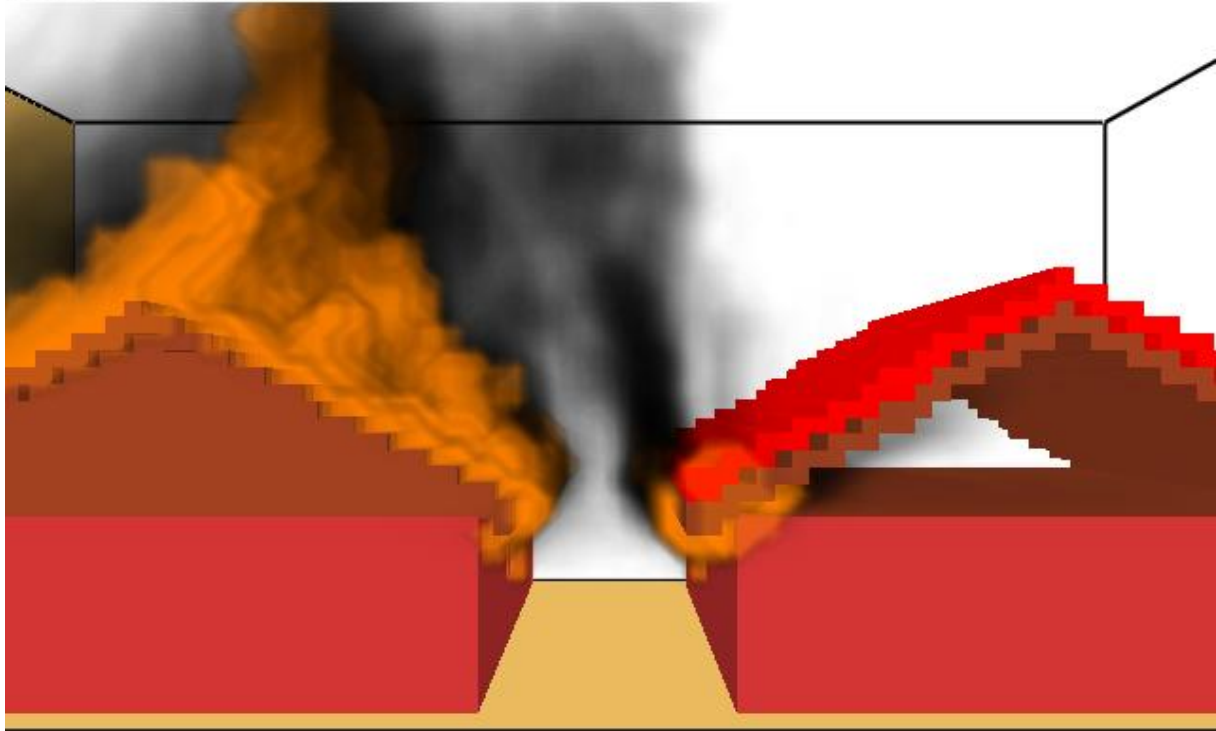
Smokeview 4.0.7 - Mar 12 2006



3. ábra. A szomszédos tartály falának melegedése gödör tűz esetén.

A 3. ábrán megfigyelhető, hogy a tartály fala már a 163 s-ban 330 Celsius fok felett van, ez nyilván nem jelent gyulladást, de a 73 oktános benzinnél 268 Celsius fok a 100 oktánosnál 468 Celsius fok az öngyulladás hőmérséklete[6]. A modell módosítható különféle szél viszonyokra, anyagokra. A szomszédos tartály hőmérsékletének emelkedése megmutatja, hogy további tartály begyulladhat-e és- ha igen-, az mikorra tehető. A környezetben lévő tárgyra beeső hősugárzás nagysága, pedig segíthet megválasztani a tűzoltó gépjárművek megfelelő felállítási helyeit.

A tervezés során több alkalmazási lehetőség kínálkozik. Az első lehetőség az *épületek tűztávolságának meghatározása* [4.ábra].



Frame: 268

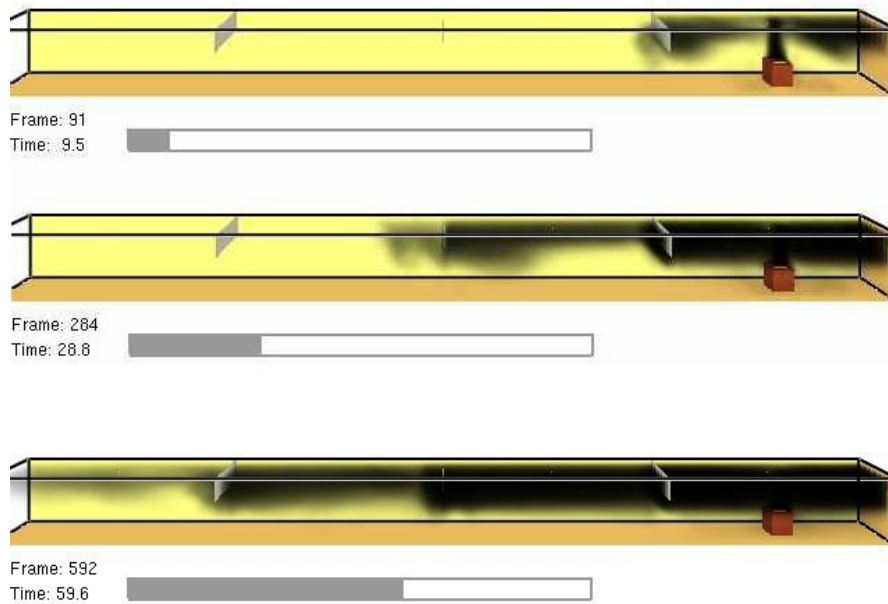
Time: 80.4

4. ábra. Tető tűz terjedése két egymástól 4m-re fekvő épület között.

A 4 ábrán látható, hogy két egymástól 4 méterre lévő épület esetén adott körülmények mellett akár 80 s idő elegendő a tűz átterjedésére. A működés során vizsgálható az éghető anyagú tetőhéjalással rendelkező épületek tetőtűzének terjedése, mind a szomszéd épület nyílászáróinak, mind tetőszerkezeteinek tekintetében, továbbá a nyílásos homlokzatokon keresztül történő tűzterjedések, és a különböző felületek közötti hőterjedés.

A modell lehetőséget ad a **füstterjedésének** [5.ábra], a kialakuló hőmérsékletnek, az oxigén koncentrációjának **szimulációjára**, ezáltal *segítséget nyújt a legmegfelelőbb menekülési útvonalak megválasztásában, kialakításában.*

Az 5. ábrán egy 40 méter hosszúságú folyosón való füstterjedés figyelhető meg, 1 méter magas egymástól 10 m-re lévő füstkötényfalak alkalmazása esetén. Lehetőség van a tűzjelző, illetve a tűzoltó berendezések, működésének modellezésére. Segítséget nyújthat az érzékelők, sprinklerfejek helyének megválasztásánál, valamint az oltási folyamat hatékonysága is elemezhető.



5. ábra. Füstterjedés 40m hosszú folyosón 10méterenként lévő 1m magasságú füstkötény falak esetén.

Az FDS csak egy a számos tűzmodellező és evakuációs program közül. A felhasználók közül van, aki mellette van, aki ellene foglal állást. A negatív vélemények általában a pontatlanságról szólnak. Véleményem szerint leggyakoribb hiba, hogy túl sokat várnak el ezektől a programoktól. Nem lehet elfogadni ellenőrzés, felügyelet nélkül a szolgáltatott eredményeket. A tűz modellek nem pótolhatják a szakembereket, csak azok segítségére lehetnek. A fejlesztők több esetben is leszögezik, hogy az eredményekért a felhasználó szakember a felelős. Mivel hazánkban is egyre inkább előtérbe kerül a gazdaságos és biztonságos kivitelezés, ezeknek a szoftvereknek is bővülni fog a felhasználási köre. Egy létesítmény tervezésekor ma több tekintetben is a tűzvédelmi hatósággal egyeztetett módon kell a terveket elkészíteni, mivel nincs minden részletre kiterjedő jogi szabályozás. A biztonságos, gazdaságos kialakítást szolgálhatja, ha elképzelésünket a számítógépen is ellenőrizni tudjuk.

Irodalom jegyzék:

- [1]: Kevin McGrattan, Editor. Fire Dynamics Simulator (Version 4) Technical Reference Guide. Nist Technology Administration U.S. Department Of Commerce 2006.
- [2] Jukka Hietaniemi, Simo Hostikka & Jukka Vaari: FDS simulation of fire spread comparison of model results with experimental data, VTT Building and Transport 2004.
- [3]Jukka Hietaniemi, Johan Mangs &Tuula Hakkarainen: Burning of Electrical Household Appliances An Experimental Study, V T T R E S E A R C H N O T E S TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND 2001
- [4] Daniel Madrzykowski Robert L. Vettori: Simulation of the Dynamics of the Fire at 3146 Cherry Road NE Washington D.C., May 30, 1999 ,Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, April 2000
- [5] Kevin McGrattan & Charles Bouldin: Simulating The Fires In The World Trade Center, National Institute of Standards and Technolgy, USA
- [6]: Table C.1 Physical and Combustion Properties of Selected Fuels in Air, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, 3rd edition, 2002.

Szilágyi Csaba tűzvédelmi mérnök
Szolnok MJVÖ Hivatásos Tűzoltóság

