



Dr. Szász Gábor

A RENDSZERSZEMLÉLET SZEREPE A MÉRNÖKI CSOPORTMUNKÁBAN

BEVEZETÉS

Captatito benevolantiae¹

Magam is tíz hónapot töltöttem itt, amikor e konferencia színhelye még önálló repülőtisztiskola volt. Főleg katonák közt, civilként, mondandómat a berlini katonai akadémia egykori igazgatójára hivatkozva kezdem. Ahogy egy katonai vezető sem képes jó tervet készíteni, ha nem ismeri az egész hadsereg elé kitűzött politikai célt – amint erre csaknem 200 évvel ezelőtt Carl von CLAUSEWITZ (1780-1831) rámutatott –, egy mérnökkollektíva sem fog jó műszaki tervet készíteni, ha nem ismeri annak a rendszernek a rendeltetését, amelybe a tervezendő termék vagy folyamat illeszkedik. Az üzemfenntartási rendszer megtervezésénél is szükség van, pl. a karbantartás tárgyát képező konkrét berendezést befoglaló rendszer valamilyen szintű ismeretére.

De viris²

Bonyolult, komplex rendszerek fejlesztésekor többféle képzettségű mérnök, esetleg más szakember is együttműködik (pl. gépészmérnök, matematikus és villamosmérnök [1]). Ilyenkor a megértést elősegíti a rendszerszemlélet, és annak egy speciális területe, az analógias gondolkodás. A hazai műszaki és természettudományos képzés több mint 50 éves hagyománya, hogy a rendszerszemléletet transzportelméleti megalapozással oktatja. Ennek számos előnye van a mérnöki csoportmunkában is.

KORUNK KIHÍVÁSAI

Gazdasági gondok

2008. június 16-17-én Párizsban pénzügyi és biztonsági kérdésekről tartott nemzetközi tanácskozás levezető elnökétől idézek: „Harmadrészt az USA pénzügyi pozícióját technológiai vezető szerepének köszönhetjük. A befektetők oda mennek, ahol a fontos dolgok történnek. Ez a tény különösen élesen nyilvánult meg az 1990-es évek végén – a tőke azért áramlott az USA-ba, mert ő volt képes a „techno-

¹ Az olvasó jóindulatának megnyerése (latin)

² Az emberek (latin) fontossága; [De viris illustrtribus urbis Romae = Róma városát a lakosai fémjelzik.]

lógiai boom³” generálására. Részben ezt az előnyt is eltékoztuk, de a dolog még orvosolható... A katonai establishment⁴ bizonyos részei mégis tovább fejlesztik és foglalják le azokat a technológiai lehetőségeket és kapacitásokat, amelyekre jelenlegi energiaproblémáink különböző aspektusainak⁵ megoldásához lenne szükségünk.” [2] Tehát nem a hagyományos energiahordozók megszerzéséért kell bevetni a fegyveres erőket, hanem a tudományos és műszaki erőforrásokat kell átcsoportosítani az alternatív energiaforrások kutatására és fejlesztésére. E hasznos intelmek arra is sarkallhatnak a mérnököket, illetve megbízóikat, hogy katonai rendszerek tervezésekor is célul tűzzék ki az energiával való takarékoskosságot és a környezetterhelés minimalizálását, valamint a békebeli felhasználhatóság új lehetőségeinek keresését⁶.

Tervezési paradoxonok⁷

James WATT szerint akkor jó egy konstrukció, ha abból semmit sem lehet már kivenni, azaz nincs fölösleges része. Ma már jól tudjuk, hogy a hibátűrés szempontjából nem fölösleges a szerkezeti tartalék, de különösen a kis tömegre törekvő repülőmérnököt volt nehéz meggyőzni a WATT-féle felfogással ellentétes megoldás szükségességéről. Egy szintén hagyományos mérnöki szemlélet szerint arra kell törekedni, hogy egy alkatrész minél több funkciót hordozzon, az újrahasznosítást viszont az könnyíti meg, ha az alkatrészek kevés és általánosan szükséges funkciót hordoznak. A TAGUCHI-féle minőségbiztosítási elvek egyike szerint nemlineáris karakterisztikákra érdemes törekedni, ha különleges tulajdonságra képes termékeket szeretnénk előállítani, de bizonyos további feltételek teljesülésekor a nemlineáris rendszerek kaotikusan viselkednek.

A biztonsági, gyárthatósági, hibátűrés, karbantarthatósági, újrahasznosítási, környezetterhelési és gazdaságossági szempontok együttes érvényesítése a tervezés során rendszerszemléletet igényel.

MODELLEK SZEREPE A TERVEZÉSBEN

A tervezés során többféle rendszerrel is dolga van a mérnöknek. Ilyen például a célrendszer, a gondolati rendszer, a referens⁸ (rendszer) és a praktikus modell. Ezeken eltérő a hangsúly a tervezési folyamat különböző fázisában. Általában gondot okoz a céltételezés során figyelembe veendő érdekelt felek sokfélesége, az érdekelt nem kinyilvánított igényeinek, veszélyérzetének modellezése [3]. Különösen az érdeklődésünk tárgyát képező referens kulcstulajdonságait megőrző praktikus modell kidolgo-

³ Hirtelen, de rövid ideig tartó fellendülés (angol)

⁴ Eredetileg: az elidegenedett hatalmi rendszer, de itt: döntési helyzetben lévő vezető réteg (angol)

⁵ Itt jellegről v. fajtáról van szó (latin)

⁶ Az 1960-as évek végén előírás volt Nagy-Britanniában, hogy a hőerőművekben a mechanikai energia 8 %-át a repülésből kivont gázturbinákkal kell előállítani közvetlenül, vagy gázgenerátoros üzemmóddal közvetve. Ma, amikor a szénhidrogénnel takarékosabban kell bánni, ez a megoldás nem követendő.

⁷ Látszólagos ellentmondás (görög)

⁸ Egy szóval jelölt tárgy (latin), de itt az érdeklődésünk tárgyát képező valóságos vagy elképzelt rendszer a maga teljes bonyolultságában.

zásakor van szükség a vezető tervező rutinjára és tapasztalatára. A modell minőségbiztosított is lehet, ha kötött formájú rendszerrel jelenítjük meg [4].

A modellezés lépései (vázlatosan)

- A vizsgálandó v. konstruálandó referens azonosítása⁹, tulajdonságainak és mértékeinek pontosítása¹⁰;
- A referens kulcstulajdonságait megőrző praktikus modellek kialakítása és igazolása;
- A modell részekre bontása, a csatlakozások meghatározása, a nemlinearitások azonosítása¹¹.

A modell alkalmazása (vázlatosan)

- A praktikus modell rendszeregyenletének felírása, különféle módszerrel történő megoldása és a megoldás ellenőrzése (pl. mérés útján);
- Szükség esetén a modell finomítása, kiegészítése;
- A megoldás érvényesítése.

ELTÉRŐ KÉPZETTSÉGŰ SZAKEMBEREK KOMMUNIKÁCIÓJA

Eltérő képzettségű mérnökök és más szakemberek kommunikációjának lehetőségét teremtette meg, méghozzá magas színvonalon, a transzportelméleti alapon nyugvó hasonlóságelmélet [5] és rendszertechnika [6] alkalmazása. A természettudományosan megalapozott, egységes formalizmussal kialakított tárgyalásmód gyakran elősegíti az együttműködést. Hasonlóan jó szolgálatot tesz az analógiás gondolkodás is, mert az egyik szakterületen érvényes törvényszerűséghez hasonló alapján megérthető a másikon előforduló jelenség. Erre számos példát említhetné saját kutató-fejlesztő munkáim során tapasztaltak alapján. Ezek közül talán a legérdekesebb egy nagynyomású aminosav-analizátor tervezésekor előállt holtpont feloldása volt. Az ioncserélő műgyanta oszlopra különféle pH-jú puffer-oldatot kell juttatni, amelyet a gépészmérnök úgy próbált megoldani, hogy két különböző (A és B) pH-jú puffer-oldatból akarta kikeverni a szükséges (C) oldatot. Ez nem vált be. A vegyészmérnök megpróbálta elmagyarázni, hogy kémiaiilag miért nem jó a megoldás, de ezt a gépészmérnök nem akarta belátni, és a vegyész oldatait kifogásolta. Ekkor egy analógiás érveléssel sikerült meggyőzőnem az analóg elektronikában jártas gépészmérnököt. Megkérdeztem tőle, hogy szabad-e közvetlenül összekötni két műveleti erősítő kimenetét? Ő azt válaszolta, hogy nem. Nos a puffer oldat is olyan, hogy saját pH-ját akarja rákényszeríteni a környezetére, mint ahogy a műveleti erősítő is hasonlóra törekszik. Ekkor belátta, hogy a folyamatos keverés nem megoldás, és egy olyan vezérlésre tért át, amelyik meghatározott időszelvényekben hol az A, hol a B oldatot eresztette az oszlopra. Ez jól bevált a gyakorlatban.

⁹ A rendszer körülhatárolása (szeparálás), lényeges tulajdonságainak kiválasztása (szelektálás).

¹⁰ Jellemzők és mutatóik meghatározása.

¹¹ A katasztrofális meghibásodások forrása rendszerint csatlakozási inkompatibilitás és/vagy nemlinearitás.

Az elosztott paraméterű fizikai rendszer mérlegegyenletének integrálalakja

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho_i dV = \int_V q_i dV - \oint_F \mathbf{j}_i d\mathbf{F} \quad (2)$$

Általában (egy folyékony felület esetén):

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho dV = \int_V \left(\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} \right) dV, \text{ ahol } \frac{d\rho}{dt} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \mathbf{grad} \rho, \quad (3)$$

$$\text{tehát } \frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \mathbf{grad} \rho + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{v})$$

ahol $\mathbf{v}$ a makroszkopikus¹³ áramlási sebesség.

Ezzel a mérlegegyenlet az i -edik extenzívra:

$$\int_V \left[\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_i \mathbf{v}) \right] dV = \int_V q_i dV - \oint_F \left(\sum_{k=1}^n L_{ik} \mathbf{grad} y_k \right) d\mathbf{F} = \quad (4)$$

$$= \int_V q_i dV - \int_V \operatorname{div} \left(\sum_{k=1}^n L_{ik} \mathbf{grad} y_k \right) dV, \text{ ha } L_{ik} = \text{const.},$$

akkor L_{ik} vezetési tényező¹⁴ kiemelhető a div operátor elé (y_k a k -adik intenzív mennyiség).

Az elosztott paraméterű fizikai rendszer mérlegegyenletének differenciálalakja

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_i \mathbf{v}) + \sum_{k=1}^n L_{ik} \operatorname{div} \mathbf{grad} y_k = q_i \quad (5)$$

Az (5) parciális differenciálegyenlet levezetésekor számos mérnöki szakterület sajátos alapegyenletére juthatunk (pl. folytonosság tétele, termodiffúzió), miközben a kikötések és elhanyagolások a nevezetes alakféltet érvényességi körét kijelölik, és így a fölösleges viták száma csökkenthető. (Az aerodinamika alapegyenletét, a NAVIER–STOKES-egyenletet vektor extenzívra is felírt mérlegegyenletből lehetne levezetni, de ebben a körben ez nem nyújtana új ismeretet a hallgatóságnak.) Ugyanakkor az eltérő képzettségű szakemberek világosan láthatják a legfontosabb analógiákat, amelyek a partnerek közti megértést és a fejlesztési ötletek csíholását is elősegítik. Az együttműködést termelékennyé és minőségbiztosítottá teszik a különféle elektronikus termékdefiniáló v. –menedzselő programok. Pl. az Airbus átfutási idejét egy ilyen program alkalmazása négy évről két és félre csökkentette.

A modellezés egységesítése a XXI. században

Különféle mérnöki, informatikai és üzemgazdaságtani területeken teszi lehetővé a szakemberek együttműködését a folyamatok, illetve a rendszerelemek és kapcsolataik egységes leírása révén az

¹³ Nagy méretű, szemmel látható (görög-latin)

¹⁴ Azt mutatja meg, hogy a k -adik intenzív mennyiség egységnyi különbsége az i -edik extenzív mekkora intenzitású áramát váltja ki.

UML 2 szabványosított modellező nyelv [12]. Egyik fő erénye, hogy a konkrét egyedi tárgytól absztrakció¹⁵ után eljutva a fogalmakhoz, majd azokat ismerveikkel jellemezve (az ismervek aktuális előfordulásai az adatok), lehetővé válik a rendszerek lényegét tükröző modell szemléletes és tömör leírása. Ez minden UML-ben járatos szakember számára megkönnyíti a kommunikációt, az együttműködést és a jól átgondolt termékcsaládok, illetve egyedi termékek gazdaságos kivitelezését, legyen szó számítógépes programról, hardverről vagy bonyolult szolgáltatásról. Az UML 2 sem csodaszer; számos kritika is éri, de mint minden általános célú eszköz, ez is fejleszthető. Ilyenkor arra kell ügyelni, hogy a hiányosságok nyesegetése ne bonyolítsa el, mert akkor nem növekszik a felhasználók köre. Márpedig ehhez jelentős társadalmi érdek fűződik. Pl. e tervezést segítő modellező nyelv alkalmazása elősegítheti a termék továbbfejlesztését akár más helyen, más tervezőkkel. Ugyanígy előnyös lehet az UML 2 modellezés az üzemfenntartásra már korábban kialakított módszerek, mint amilyen a hibafeltérő, hatékonyabb alkalmazására, például a biztonság szempontjából kritikus rendszereknél. Különösen akkor tesz jó szolgálatot az UML 2, ha egy szövetségi rendszer eltérő nemzetiségű, különféle szakterületre kiképzett szakembereinek kell együttműködni, és a félreértések végzetes hibákhoz vezetnének.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Gyula ZSIGMOND, István KUN, Gábor SZÁSZ: Some Problems of Quality Based Design of Complex Automation Systems, INES'99. Proceedings, 233–235. o.
- [2] James K. GALBRAITH: Politikai és biztonsági megfontolások a pénzügyi válság kapcsán: terv Amerika számára, Eszmélet, 80. szám (2008. tél) 53-54. és 58. o.
- [3] DR. BENEDIKT Szvetlana, DR. KUN István, DR. SZÁSZ Gábor: Társadalmilag elfogadható kockázatszint modellezése, INFORMATIKA, 8. évf. 4. szám, (2005. december), 52-53. o.
- [4] KAPOSÍ Agnes, Margaret MYERS: Systems for computer systems professionals, LSI, Bp. 1996.
- [5] SZŰCS Ervin: Hasonlóság és modell, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1972.
- [6] DR. SZABÓ Imre (főszerk.): Gépészeti rendszertechnika, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1986.
- [7] FÉNYES Imre (szerk.): Modern fizikai kisenciklopédia, Gondolat Könyvkiadó, Bp. 1971.
- [8] SZŰCS Ervin: Dialógusok a műszaki tudományokról, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1971.
- [9] GOSZTONYI Péter: A Vörös Hadsereg – a szovjet fegyveres erők története 1917-1989, Európa Könyvkiadó, Bp. 1993. 230. o.
- [10] http://www.kalasnyikov.hu/dokumentumok/a_fekete_csillag.doc (letöltés ideje: 2009. március 25. 17^h12')
- [12] Harald STÖRRLE: UML 2 – Unified Modeling Language¹⁶, PANEM Kft. Bp. 2007. p. 312

¹⁵ Az absztrakció (latin) kettős jelentése elvonatkoztatás, illetve elvont fogalom.

¹⁶ Univerzális Modellező Nyelv (Az eredeti angol cím második szavában a rövid mássalhangzó bizonyára a márkanév sajátossága. Az univerzális latin eredetű szó, amelynek jelentése: általános, egyetemes, többféle használatra alkalmas.)