

III. Rendszerek leírása – változók, adatok, összefüggések

Sasvári Péter

DOI: 10.36250/00734.03

1. A fejezet célkitűzése

Korunk tudományos megismerésében egyre jelentősebb szerepet játszanak a tudományos modellek. A modellmódszer széles körű elterjedése a 20. században ment végbe, nagymértékben a kibernetika kialakulása, illetve a tudományok matematizálódása és kibernetizálódása hatására. Az emberek az emberi társadalom kezdetén az ismeretlen jelenségeket úgy próbálták megismerni és megmagyarázni, hogy összevetették már ismert jelenségekkel, felhasználták az ismert és az ismeretlen jelenségek közötti hasonlóságokat. A modellmódszer az évszázadok folyamán hosszú fejlődésen ment keresztül a felületes analógiák alkalmazásától a modern tudomány hatékony modelljéig. A modellezés mint tudományos megismerési módszer a tudományok kialakulásával egyidejűleg jelent meg, a valóság tudományos megismerése során minden korban alkalmaztak modelleket, vagy legalábbis modellszerű képzeteket.

2. Bevezetés

A modellezés – a tudományos kutatás részeként – az 1950-es évektől vált egyre jelentősebbé. Ezt a folyamatot a modellezési technikák és a számítástudomány fejlődése, a társadalmi és természeti rendszerek megismerésének egyre nagyobb igénye, valamint az idő- és térbeli extrapoláció, azaz az előrejelzés fontosságának felismerése segítette elő. Gyorsan a kutatók eszköztárának fontos alkotóelemévé vált (SZATMÁRI 2013).

A modell a valóság absztrakciója, amely a modellezés céljának megfelelő legegyszerűbb módon reprezentálja a komplex valóságot. Az a jó modell, amelyik a legkevesebb paraméterrel és legkisebb komplexitással a legjobban megközelíti a valóságot. A modellezés nem helyettesítheti a megfigyelést, de hozzásegíthet a megfigyelések megértéséhez, elméletek kidolgozásához és teszteléséhez.

3. Modellezési alapfogalmak

A *modell* egy a tudományos kutatásban használt fogalom, amely a nagyon pontosan (tehát a matematika nyelvén) megfogalmazott feltételezéseket és feltételezési rendszereket jelenti. A modellezés során a valóság egy meghatározott szeletéből kiemeljük a számunkra adott szituációban fontos, ismert vagy feltételezett elemeket, és azokat hipotézisünknek megfelelően kapcsolatba hozzuk egymással. Az így elkészített modellt tesztelnünk kell. Ha a modell úgy viselkedik, ahogyan a modellezni kívánt rendszer vagy objektum (tehát predikciói egybevágóak a közvetlen tapasztalatokkal), akkor azt mondhatjuk, hogy a modell jó (céljának megfelelő keretek között használható), ha eltér attól, akkor a modellt tovább kell fejleszteni vagy el kell vetni.

A *modellnek* a valós tapasztalatokkal való összevetését a modell tesztelésének (validálásának, esetleg verifikálásának) nevezzük. Az emberi gondolkodás lényegét, működését szintén tágabb értelemben vett modellezésnek tekintik. A modell a rendszerek leírásának eszköze, a rendszerről meglévő ismereteink szisztematikus gyűjteménye. A modell általában a rendszer egyszerűsített, a vizsgálat szempontjából lényegi tulajdonságait emeli ki. A modell segítségével lehet vizsgálni a valós fizikai rendszert, annak valamilyen részét valamilyen vizsgálati szempontból, mennyiségi és minőségi jellemzőkre koncentrálni, jellemezhetjük a folyamatok és folyamatelemek bemenetét és kimenetét, illetve rögzíthetjük a rendszerre vonatkozó ismereteinket, azok összefüggéseit. Ugyanazon fizikai objektumnak meglehetősen sok, eltérő képet mutató modellje lehet attól függően, hogy milyen célból alkották meg a modellt, mi az, ami a rendszerből vizsgálandó. Ezek alapján, eltérő az egyes modellek bonyolultsági foka és megvalósítási módja.

A mérnöki tudományos modellalkotás az objektív fizikai, biológiai, gazdasági törvények ismeretén alapul, és általában matematikailag is kezelhető formában adja meg a modellt. A modell a vizsgált jelenségekre vonatkozó ismereteink formális kifejezése, a modellezés a modell megalkotásának folyamata.

A *modell* legfontosabb jellemzője, hogy vizsgálati szempontból mennyire azonos az inputokra, külső és belső zavarokra való reagálása a valós rendszer reagálásával. Ezt szokták a modell jóságának nevezni.

A *modell* akkor jó, ha eleget tesz a modellező által felállított vizsgálati szempontok igényeinek. A modellezéssel kapcsolatosan általános elvárás, hogy

- megbízható ismeretanyagot szerezzünk a rendszerben lezajló eseményekről, jelenségről és azok miértjéről;
- igazolni vagy cáfolni lehessen az elméleti feltevéseket;
- a cél és a cél elérésére tett intézkedések a modellben is értékelhetők legyenek (a modell kövesse a változást);
- lehetőség legyen a modell alapján az események és lehetséges hatásuk előrejelzésére;
- optimálni lehessen a különböző folyamatokat.

3.1. A modellek típusai

Egy rendszer vagy folyamat modellje eltérő formákban valósulhat meg, elsősorban attól függően, hogy melyek a modellező által kitűzött célok, és melyek az általa lényegesnek

vélt, illetve megválasztott rendszerjellemzők. Ezek alapján különböző modelltípusokkal dolgozhatunk:

- *Funkcionális*, koncepcionális modell, ahol a vizsgált rendszert vagy részeit a rendszerben betöltött idealizált funkciójuk alapján határozzuk meg (például funkcionális blokkvázlat, folyamatábra).
- *Fizikai* modell, amely a vizsgált jelenséget rögzített tulajdonságú fizikai objektumokkal írja le analógiák, illetve hasonlósági törvények alapján. A modell az eredeti rendszerrel geometriai hasonlóságot nem mutat, a fizikai jelenség sem azonos, de a benne játszódó folyamatokat azonos törvényszerűségek határozzák meg. Az eredeti rendszerhez viszonyítva hasonló behatásra hasonló módon válaszol.
- *Matematikai* modellel a modellezendő rendszer fizikai változói közötti kapcsolatokat egy bizonyos matematikai struktúrába képezzük le (algebrai, differenciál-, integrálegyenletek, logikai függvények stb.).

A *funkcionális modell* egy rendszerről alkotott kép harmadik vetülete, amely leírja, hogy a rendszer milyen funkciókat nyújt az őt használók számára. A rendszer által kínált funkciót a *használati eset* definiálja. A használati eset leírja a rendszer és az őt felhasználó külső szereplők (aktorok) közötti akciók és reakciók (válaszok) sorozatát, az interakciókat (KONDOROSI–SZIRMAY–KALOS–LÁSZLÓ 2007).

A rendszer viselkedését leíró *matematikai* összefüggések jellege vagy meghatározásának módszere szerint – páronként – az alábbi matematikai modelleket különböztetjük meg (M. CSIZMADIA – NÁNDORI 2003; POKORÁDI 1992; SZÜCS 1972). A bemutatott felsorolás természetesen nem teljes, mivel egy konkrét, gyakorlatban megvalósított matematikai modell általában az alábbi jellegek szintézisét jelenti.

A bemutatott párosításokon túl, a matematikai modelleket szokás a bemeneti és kimeneti változók száma szerint is csoportosítani. Ezek alapján az *1. táblázatban* szereplő modelleket különböztetjük meg.

1. táblázat

Matematikai modellek osztályozása a be- és kimenő jellemzők számai alapján

Modelltípus	Felhasznált matematikai egyenlet
egybemenetű – egykimenetű (Single Input Single Output — SISO)	Skalár–skalár
egybemenetű – többkimenetű (Single Input Multi Output — SIMO)	Vektor–skalár
több-bemenetű – egykimenetű (Multi Input Single Output — MISO)	Skalár–vektor
több-bemenetű – többkimenetű (Multi Input Multi Output — MIMO)	Vektor–vektor

Forrás: POKORÁDI 2007

Az utóbbi három modell esetében a leíró egyenletek formailag vektor-, illetve mátrix-formalizmussal kezelhetők.

Fontos megjegyezni, hogy a matematikai modellek és a rendszerek osztályai megnevezésükben gyakran egyeznek. Bizonyos szakirodalmak (ZADEH–POLAK 1972) már magán a rendszer fogalmán sem a valós technikai rendszert, hanem annak matematikai modelljét értik.

Egy adott rendszer tulajdonságai meghatározhatják, de nem determinálják egyértelműen, hogy milyen matematikai modellel írható le a benne lejátszódó folyamat. Például egy nem lineáris rendszert közelítő elemzés során lineáris matematikai modellel, vagy diszkrét paraméterű rendszert folytonos paraméterű modellel is leírhatunk.

A *modell* az ismeretek kifejezésének alapvető eszköze, ezért aki egy rendszert tud modellezni, az ismeri magát a rendszert is. Az ismereteknek mindig a lehető legegyszerűbben használható formában kell rendelkezésre állnia, hiszen a modell vizsgálata a további döntések alapja és kiindulópontja lesz. A modellezett rendszerek esetében fontos rögzíteni a rendszerre vonatkozó törvényeket, struktúrákat, paramétereket és állapotokat.

A törvények azok az alapvető kikerülhetetlen tulajdonságok, amelyek a modell általános jellemzőit határozzák meg. A folyamatokat lehetőleg minél szűkebb értelemben kell vizsgálni annak érdekében, hogy a környezettől való elválasztás, a különféle kölcsönhatások elhanyagolása lehetővé váljon.

A *struktúra* a rendszer belső tagozódását, a részek kapcsolatát jellemzi. A rendszer vizsgálatánál magát a rendszert vagy folyamatát nemcsak a környezetétől különítjük el, hanem különválasztjuk az egyes elemeit (ezek a szervezeti és a folyamatlemei), és rögzítjük az elemek kölcsönhatását.

A modell paramétereinek az egyes állapotokban megtalálható jellemzők konkrét értékeit nevezzük. A paraméterek jellemzően azonosak az egyes elemekre jellemző fizikai mennyiségekkel, a határ- és kezdeti feltételekkel. A paraméterértékek meghatározása a modellalkotás legfontosabb gyakorlati, a rendszer megfigyeléséhez kötött tevékenysége. A paraméterek konkrét értékei általában kezdetben ismeretlenek, viszont a modell megadása csak akkor teljes, ha a struktúra mellett a paraméterek is ismertek, tehát ezeket mérésrel vagy észleléssel meg kell határozni, esetleg becsülni.

Az állapot olyan változó, amely a rendszert érő külső és belső hatásokkal együttesen írja le a folyamatot, tehát a folyamat gyakorlatilag az állapotjelzők változását jelenti a modellben. Állapotváltozóként általában a rendszer elemeinek viselkedésére jellemző fizikai mennyiségek pillanatértékei szerepelnek.

Az előbbieken definiált modellkategóriák egy rendszer modellje esetében a következőképpen értelmezhetők:

- struktúra,
- paraméterek,
- állapot.

Paraméter alatt olyan mutatót, mértéket, jellemző értéket, vonást, sajátosságot, tényezőt értünk, amely egyenletben vagy függvény kifejezésében szereplő tetszőleges értékű lehet.

Az *állapot* pedig az állandósult jellemzők összessége, ahogy a személy vagy dolog van. Annak betöltött szerepét, feladatát, rendeltetését, használatát jellemző körülmények, szerkezeti felépítés, a megjelenés nagysága, fejlettsége.

3.2. A modellezés alapfogalmai

A modellalkotás során a törvények, struktúrák, paraméterek megválasztásánál lényeges néhány általános érvényű modellalkotási elv figyelembevétele:

- *Szeparáció*, mert egy modellezési feladat megfogalmazásakor a külső világ egy részét (a modellezendő rendszert vagy folyamatot) a környezetétől el kell különíteni.
- *Szelekció*, mert a modellezés során a megvalósítandó cél szempontjából szelektálni kell a rendszer és környezete közötti kölcsönhatások közül. (A szeparáció és a szelekció elvéből adódóan a modell mindig egyszerűsített, és kijelenthetjük, hogy hibás képe a rendszernek. Célunk azonban az, hogy a hiba ne a vizsgálati szempontot érintse. A szeparáció és szelekció nélkül a modellalkotás elképzelhetetlen.)
- *Gazdaságosság*, mert modellnek – a vizsgálat célkitűzésének természetesen megfelelően – a lehetőségek közül a legegyszerűbbnek kell lennie, és egyszerűsége a struktúra egyszerűségében, a paraméterek és az állapotváltozók minimális számában jelentkezik.

A modell felállításához szükséges információk két forrásból származhatnak:

- *a priori* ismeretek: a modellezendő rendszerre vonatkozó, a vizsgálat megkezdésekor rendelkezésre álló ismeretek összessége;
- *a posteriori* ismeretek: a modellezési eljárás befejezésével rendelkezésünkre álló ismeret, amely a modell vizsgálata, megfigyelése során nyert információkkal több az előzetes ismeretnél.

A modellezési folyamat kezdeti szakaszát az a priori ismeretek összegyűjtése és rendszerezése jellemzi.

Az *a priori* ismeretek mennyisége mindig korlátozott, mivel:

- a vizsgálat többnyire egy konkrét (egyedi) rendszer konkrét folyamatának leírására összpontosul;
- a rendszer és folyamatának környezete általában kevésbé teljesen ismert;
- a jelenségről alkotott ismeretanyagunk sem teljes, lehetetlen a jelenség minden aspektusát figyelembe venni;
- ha ismertek is az általános törvényszerűségek, többnyire a konkrét összefüggések nem;
- esetenként hiányzik egy-két konkrét állapotjelző valódi értéke (vagy akár az összes).

Az a priori ismeretek a modellezési feladat céljával együtt meghatározzák a modell végleges típusát, a pontossági követelményeket, a konkrét modellezési eljárás típusát, a modell bonyolultságát, megvalósításának módját és költségeit. A modellezés kezdetén az a priori ismeretek hiánya több kiindulási esetet jellemezhet, ekkor a hiányzó a priori ismeretek helyébe azoknak lehetséges változatait helyettesíthetjük be.

3.3. A modellezés módszerei

A modell

- célja szerint lehet *taktikai* (prediktív) vagy *stratégiai* (demonstratív).
- felépítése szerint: *szimulációs* vagy *leíró* (deskriptív).
- tér-idő szemlélete szerint: *diszkrét* vagy *folytonos*.
- folyamatszémlelete szerint: *determinisztikus* vagy *sztochasztikus*.

A *prediktív* modellek segítségével a felhasználók kielemezhetik a legfrissebb adatokat és az ügyvezetett történelmi tényeket is, s ennek révén jobban megérthetik az ügyfelek, partnerek gondolkodásmódját és igényeit, felmérhetik az esetleges kockázatokat és lehetőségeket. Számos technikát állítanak az elemzés folyamatának szolgálatába, kezdve az adatbányászattól, a statisztikai modellezésen keresztül egészen a gépi tanulásig, hogy javítsák az elemzők üzleti előrejelzéseinek pontosságát.

Klasszikus felfogás szerint a *demonstratív* modell magában foglalja az információgyűjtést, azok elemzését, a stratégiai célok és alternatívák megfogalmazását, valamint a stratégia kiválasztását.

A stratégiai modellezés, gondolkodás három alapkérdésen alapul, és három alapeladata különböztethető meg (KENDERFI 2011).

Alapkérdések:

- *hol* állunk most?
- *merre* kívánunk haladni?
- *hogyan* akarjuk elérni céljainkat?

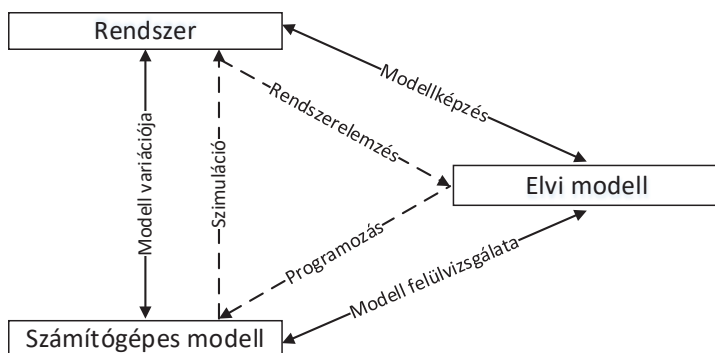
Alapfeladatok:

- stratégiai elemzés,
- stratégia kiválasztása,
- stratégia megvalósítása.

A *szimuláció* elterjedése a digitális számítógépek megjelenésével kezdődött. Szimulálni annyit jelent, mint utánozni. Ha tehát egy rendszert szimulálunk, akkor azt a rendszert valamilyen módon utánozzuk. Ilyen értelemben tulajdonképpen minden matematikai (vagy szimbolikus modell) az adott rendszer szimulációjának tekinthető. A szimulációs módszerek azonban nem ezt jelentik. A matematikai szimuláció nem egyenlő a valóság utánzásával. A szimulációs módszerek segítségével ugyanis valamely rendszer viselkedését kívánjuk meghatározni.

A szimulációs modell alkalmazásával képesek vagyunk mesterségesen létrehozni azoknak az állapotoknak a sorozatát, amelyek leírják az illető rendszer vagy a rendszer néhány komponensének viselkedését egy bizonyos időintervallumban.

Az, hogy a szimuláció a rendszer viselkedését, tevékenységét időben képes vizsgálni, a leglényegesebb különbség az egyéb matematikai módszerekkel szemben.



1. ábra

A modellezés és szimuláció elsődleges fázisai és feladatai

Forrás: POKORÁDI 2007

A szimulációval egészen kicsiny és nagy, komplex gazdasági rendszerek lényegét is meg lehet határozni. Ha egy vállalatot tekintünk, akkor ezzel a rendszerrel kísérletezgetni túl költséges és megvalósíthatatlan lenne. Ezért a megfigyeléseket nem magán a konkrét rendszeren, hanem annak szimulációs modelljén végezzük. Kis rendszerek esetén ez még manuálisan is elvégezhető, de a nagy rendszerek szimulálása már számítógépet igényel.

A bonyolult feladatok megoldása gyakorlatilag a programvezérlésű digitális számítógépek segítségével vált lehetővé. Bár a szimuláció egyszerűbb feladatoknál elvégezhető manuális úton is, de összetett problémákról megbízható eredményt – amelyet a többszöri kísérletezés biztosíthat – csak számítógépekkel lehet gazdaságosan elérni.

Ezért a szimuláció fontosabb munkafázisait elsősorban a számítógépek felhasználási lehetőségét figyelembe véve ismertetjük.

- a) *A feladat meghatározása.* Ennek során meg kell fogalmazni a megoldással megválaszolandó kérdéseket, az ellenőrizendő hipotéziseket és a megvizsgálandó hatásokat. A megoldandó feladat többnyire sztochasztikus folyamat.
- b) *A valós rendszer tanulmányozása.* Meg kell határozni a rendszer vagy folyamat elemeit (komponenseit); a változókat, amelyek a különböző rendszerállapotok mellett különböző értékeket vesznek fel; a változtatható paramétereket; az elemek és változók közti strukturális, függvény- és időbeli kapcsolatokat, összefüggéseket.
- c) *A matematikai modell meghatározása.* Az előzők alapján a modell leírása az absztrakciók figyelembevételével.
- d) *A modell kiértékelése.* A valósághűség ellenőrzése abból a célból, hogy a lényeges komponensek, változók, paraméterek, kapcsolatok ne hiányozzanak a modelltől.
- e) *A számítógépes program elkészítése.* Ezen szakasz magában foglalja a programmegírást, a szimulációs időszak hosszának és a rendszer jellegzetes kezdő időpontjának meghatározását.
- f) *A szimuláció végrehajtása.* Ennek során véletlen számok segítségével képzett mintaelemekkel újra és újra kiszámítjuk, mi történne a valóságban, ha a változók a véletlenszerűen felvett értékek szerint alakulnának. Az értékeket a számítógép által generált véletlen számok biztosítják.

- g) *Az eredmények elemzése.* Az utolsó fázisban a kapott eredményeket elemezzük, és azokból a vizsgált jelenség, rendszer alakulására vonatkozóan következtetéseket vonhatunk le. Az elemzés esetleg visszahat a modell megváltoztatására.

Diszkrét modellről beszélünk, ha mind a szimulációs idő, mind a rendszer állapotai csak diszkrét értékeket vehetnek fel. Ha ezeket a dimenziókat folytonos változókkal kezeljük, akkor *folytonos* modellről beszélünk.

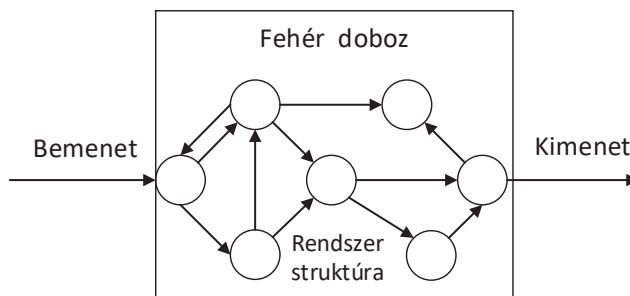
Diszkrét modellen belül, ha a rendszert leíró változók determinisztikusak, akkor *determinisztikus*, ha a változók minden időpontban egy véletlen eloszlásból származó értéket tartalmaznak, akkor *sztochasztikus* a modellezés (RIPLEY 1987; NELSON 1995). Abban az esetben pedig, ha az idő egy részében determinisztikusan, más részében sztochasztikusan viselkedik a rendszer, akkor *kvázideterminisztikus* modellezésről beszélünk (JÁVOR 2000; SZÜCS 2007).

A modellezésnek két jellemző módszere van, amelyek egyaránt alkalmasak a rendszerek modellezésére: deduktív és induktív.

3.3.1. Deduktív modellalkotás

A *deduktív* modellezésnél általános érvényű törvényszerűségekből kiindulva (természettudományos ismeretanyagra támaszkodva) egy konkrét, ismert jelenség leírására törekszünk. Az e célból végzett elméleti analízis során meghatározzuk a vizsgált rendszer határait, felbontjuk azt különálló elemekre (részrendszerekre), egy-egy részrendszerre alkalmazzuk a megfelelő megmaradási és folytonossági törvényeket, rögzítjük a határfeltételeket és a részrendszerek közötti kölcsönhatásokat. Ennek a priori ismeretanyaga formális alakjában valamilyen struktúra és a hozzá tartozó paraméterek együttese (HUSI 2010).

Abban az esetben, ha mind a fizikai törvények, mind a strukturális és paraméterekkel kifejezett ismeretek rendelkezésre állnak, vagy teljes egészében specifikáltak, a kapott analitikus formájú modell egyértelműen mutatja a vizsgált rendszert vagy folyamatot (a szelekció és szeparáció által behozott bizonytalanságok korlátain belül). Mivel a rendszer vagy a folyamat belső felépítése ismert vagy hozzáférhető, a rendszer átlátszó a modellező számára, így ezt az esetet a *fehér doboz* névvel illetik.



2. ábra

A belső felépítés ismert a fehér doboznál

Forrás: a szerző szerkesztése

A *dedukció* vagy levezetés, bizonyítás logikai fogalom. Dedukción egy olyan műveletet értünk, amelynek során bizonyos előfeltevésekből (premisszákból) bizonyos, előre meghatározott módszerekkel (levezetési szabályokkal) általában szintaktikai jellegű átalakításokat végzünk. A logikában az érveléshez tartozó állítások két csoportra oszthatók: konklúzióra és premisszára. A konklúzió az érvelés bizonyítandó tétele, az az állítás, amely az érvelés többi állításából következik. A premisszák, vagyis az érvek hivatottak alátámasztani a konklúziót, bizonyítják azt, vagy maguk után vonják igazságát. Egy érvelésben akármennyi premissza lehet, de általában csak egy konklúzió. Összetett érvelések esetében egy állítás egyszerre szolgálhat egy érvelés konklúziójaként és egy másik premisszájaként. Ilyenkor az érvelés részérvelésekből áll. A ki nem mondott premisszák – illetve konklúziók – az érvelés lényeges elemei. Ezeket rejtett (implicit) premisszáknak nevezik: olyan állítások, amelyekkel a hallgatónak kell az érvelést kiegészítenie. Sokszor épül az érvelés közhelyes igazságokra – ilyenkor teljesen természetes, ha a premisszát kihagyják.

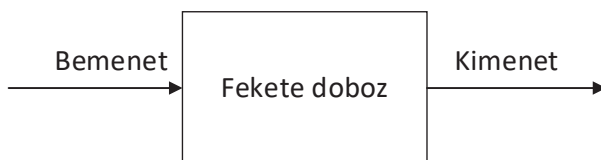
Az eredmény a konklúzió (következmény). Szűkebb értelemben ezek szigorúan meg kell hogy feleljenek a klasszikus kétértékű deduktív logika szabályainak. A következtetések a premisszák elfogadásának feltételével így bizonyítottak lesznek. A dedukciót nem szabad összekeverni bizonyos más következtetésekkel, amelyek a feltevések igazsága esetén is csak valószínűsítik a konklúziót, nem bizonyítják. Ilyen például az indukció, amely általában az egyedi premisszák igazsága esetében sem teszi bizonyossá az általános állítást, hanem legfeljebb igazolja azt. Ugyanakkor a teljes indukció egy matematikai bizonyítási szabály a természetes számok axiómarendszerében, azaz *dedukció*.

A *konklúzió* a gondolkodás ama művelete, amely által adott ítéletekből új ítéletet származtatunk. A következtetést két típusra szokás osztani: az egyik az egyetemesből a részlegeshez vagy egyeshez jut, ez a *szillogizmus* a szó szoros értelmében. A másik a részlegesből indul, s az egyetemesre következtet, ez az *indukció*. Némelyek még az analógiakövetkeztetést is külön típusnak tekintik, amely az egyesből vagy részlegesből más egyesre vagy részlegesre következtet.

3.3.2. *Induktív modellalkotás*

Az *indukció* egy logikai következtetési eljárás. Olyan érvelések tartoznak ide, ahol a premisszák csupán valószínűsítik a konklúziót, de nem feltétlenül garantálják az igazságértékét. Ebben az esetben – a deduktív érveléssel ellentétben – a premisszák és a konklúzió közötti logikai viszony nem olyan szoros. A premisszák és a konklúzió közötti kapcsolattal az informális logika foglalkozik.

A kísérletek során végzett megfigyelések információt tartalmaznak a jelenség és annak környezete között érvényesülő kölcsönhatásokról, azaz a rendszer bemenő és kimenő jeleiről. A kísérleti vizsgálatok célja a jelenség olyan modelljének felállítása, amely utánozni képes a jelenség tényleges lefolyását, reprodukálva a rendszer kimenő jeleinek változását. *Tiszta induktív* módszert alkalmazva nem rendelkezünk a rendszer belsejére vonatkozó, strukturális ismerettel, a rendszert mintegy *átláthatatlan*, úgynevezett *fekete doboznak* tekintjük.



3. ábra

A bemenet és kimenet jellemzi a fekete dobozt

Forrás: a szerző szerkesztése

Amennyiben a modell és a jelenség közötti hasonlóságot adott bemenő jelre adott kimenő jelek hasonló időbeli lefutása alapján ellenőrizzük, a jelenség lefolyását több, különböző struktúrájú modell képes utánozni. Ezért az induktív modellezési módszer elvben végtelen sok lehetséges modellt eredményezhet.

Elsősorban bonyolult esetekben lehet a módszert előnyösen használni. Tehát keresni kell egy olyan modellt, amely a vizsgált valóságos rendszerrel megegyező viselkedésű.

Az indukció során korlátozott számban megfigyelt tapasztalati tények alapján vonunk le egy általános érvényű következtetést. A tudós feladata a tények szisztematikus gyűjtése és rendszerezése, majd ezek alapján az általános törvényszerűségek levonása.

Az induktív következtetés négy fő fázisa:

1. Jelenségekbe vágó példák gyűjtése.
2. Közös jellemzők szűrése, kivételek keresése.
3. Általánosítás.
4. Általánosított törvényszerűség tesztelése újabb példákon keresztül.

Az egyik kritika, amelyet az indukcióval szemben felhoznak, hogy nem konkluzív, tehát soha nem vezethet bizonyossághoz. Bármennyi esetet is gyűjtünk össze, amelyek egy adott következtetéshez vezetnek, a következőleg vizsgált tapasztalati tény ellentmondhat az előbbieknél.

A tudományokban fontos az előfeltevésektől mentes megfigyelés és az ez alapján történnő általánosítás, azonban az elmélettel szembeni egyik legfőbb kritika szerint ez lehetetlen, mivel minden megfigyelésünket meghatározza valamilyen előzetes tudás, elvárás. Ha semmilyen elképzelésünk nem lenne a megfigyelés előtt, akkor képtelenség lenne a rengeteg információt logikus módon rendszerezni.

További ellenvetés az indukcióval szemben, hogy nem fogjuk feltétlenül minden azonos megfigyelésből ugyanazt a következtetést levonni.

A tiszta deduktív és a tiszta induktív módszer két idealizált, szélsőséges útja a modell megalkotásának. A gyakorlatban megvalósított modellezési folyamat során a két módszert esetenként más és más arányban kombinálva használják. A modellépítés kezdeti szakaszában a deduktív módszer az előnyösebb az általános érvényű összefüggések és ezek formális alkalmazhatósága miatt. A későbbiekben a szükséges információk hiánya miatt kényszerülünk általában az induktív módszer követésére, s csak kísérletek révén juthatunk a kívánt ismeretekhez.

3.4. A modellalkotás lépései

A modellezés – a vizsgált jelenségre vonatkozó ismeretek megszerzésének és formális kifejezésének folyamata – összetett, láncolt folyamat. A modellek egymásra épülnek, egymásból meríthetik a létrehozásukhoz szükséges információk egy részét. Egy konkrét modell révén rendelkezésre álló ismeretanyag a priori ismeretül szolgálhat egy másik modell létrehozásánál. A modellezési folyamat a modellezés céljának meghatározásával kezdődik. Ekkor kell rögzítenünk a modell típusát és a modell szükséges pontosságát. A következő lépés az a priori ismeretek összegyűjtése. Az előzetes ismeretek a jelenség vizsgálatánál alkalmazható törvényeket és kiegészítő ismereteket, a jelenségre vonatkozó strukturális és parametrikus információkat jelentik. Az a priori ismeretek az előzetes modell létrehozását teszik lehetővé. Ez a modellalkotás deduktív szakasza. Az előzetes modell az a priori ismeretek mennyiségétől függően több szabadságfokkal rendelkezhet. Ezek az ismeretlen jellemzők igénylik a modellezés induktív szakaszát, a jelenség kísérleten alapuló vizsgálatát. A modellen végzett megfigyelések tervének kialakítása (kísérlettervezés) az előzetes modell és az a priori ismeretek felhasználásával történik. Ez passzív kísérletnél a megfigyelendő jellemzők kiválasztásával, a megfigyelés időpontjának, időtartamának rögzítésével jár. Aktív kísérletnél a változó jellemzők kiválasztása és rögzítése is külön feladatot jelent.

Ezután következik az előzetes modell szabad jellemzőinek rögzítése az előzetes ismeretek és a jelenlegi megfigyelése révén nyert adatok felhasználásával. Az így felállított modell ellenőrzése után meg kell vizsgálni a modell és a jelenség közötti hasonlóságot valamilyen működési jellemző és hasonlósági kritérium alapján. Ha a modellellenőrzés igazolja, hogy a modell megfelel a modellezés céljának, akkor a modellezési folyamat eredményeként a végleges modell rendelkezésre áll.

Amennyiben a modellellenőrzés nem megfelelő modellt jelez, a kiértékelés többféle beavatkozást indokolhat. A legegyszerűbb eset az, ha a kísérletet tovább folytatva újabb megfigyelések révén nyert többletinformációkkal javíthatjuk a modell pontosságát. Más esetben módosítanunk kell a kísérleti körülményeket, a megfigyelési szempontokat, a vizsgálójeleket. Előfordulhat, hogy az előzetes modell felállításánál feltételezéseink helytelennek bizonyultak, ezért az előzetes modellen strukturális vagy parametrikus módosítást kell végrehajtanunk. A modellalkotás tehát több lépésből álló, interaktív jellegű tevékenység, amelynek eredménye a vizsgált jelenség valamilyen formalizmussal kifejezett leírása, a jelenség modellje.

3.5. A modellezés általános problémái

A tudományos és mérnöki igényű rendszervizsgálat és rendszerkezelés nélkülözhetetlen feltétele a rendszermodellek megalkotása. A tudatos alkotó, problémamegoldó emberi tevékenység általánosan négy fő szakaszra bontható:

- problémafelismerés;
- problémaleírás;
- megoldáskeresés;
- megoldás kimunkálása és annak alkalmazása.

A problémafelismerés rendkívül lényeges szakasz, mert ez indítja el a megoldásra irányuló folyamatokat. Ez a fázis szorosan kapcsolódik a rendszer lehatárolásához. Az, hogy a problémát, illetve annak tárgyát rendszernek tekintjük, azt is jelenti, hogy ezzel a rendszertechnikai, a rendszertudományi módszerek széles körű alkalmazásának lehetősége nyílik meg.

A problémaleírás, illetve -megfogalmazás vagy -újrafogalmazás többek között a célok megjelölését is magában foglalja. A problémák és a célok nagymértékben meghatározzák a leírás módját, alapvetően a leképező modelleket. A modellek fő jellemzője, hogy segéd-eszközként szolgálnak a cselekvéseink előkészítésében. Előmozdítják a megoldás alternatíváinak feltárását, új ismeretekkel megalapozottabbá teszik a döntéseket.

A rendszerek – a bonyolultságuk miatt – részletesen csak többféle szempont és megközelítés alapján kialakított modellek segítségével ismerhetők meg. Ezek szolgálják a hatékony elemzést, tervezést és rendszerirányítást. A problémát a modellben oldjuk meg, és csak a megoldás eredményeit visszük át a valós rendszerre.

A modellalkotásban több alapelv érvényesül:

- hasonlósági elv,
- szeparáció elve,
- szelekciós elv,
- gazdaságossági elv.

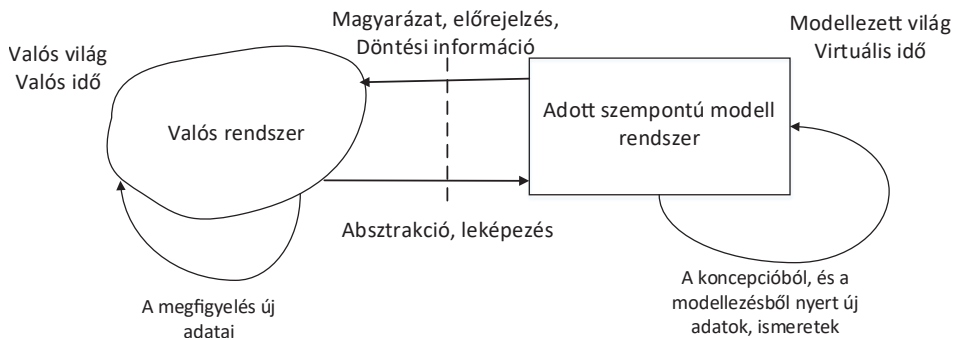
A valós világ körülhatárolt része, azaz a vizsgált rendszer és az adott szempont szerinti modellje között – általában absztrakt szinten – mindig hasonlóság van. A hasonlóság szerkezeti, működési vagy formai szempontokból lehetséges.

A modellalkotás alapfeladata elkülöníteni, szeparálni a modellezendő rendszert a valós világ többi részétől az adott szempont szerint.

A rendszerek általában bonyolultak. Az alkotóiknak, azok kapcsolatainak nagyszámú tulajdonsága, jellemzője lehet. Az elkülönített rendszeren belül számos kölcsönhatástípus értelmezhető. A vizsgálat célja szerint a kölcsönhatások és azok jellemzői között is szelektálni kell, megragadva a legfontosabbakat, a többit pedig figyelmen kívül hagyjuk. Szeparáció és szelekció elkerülhetetlen. Ebből kifolyólag a modell mindig egyszerűsített, és egy bizonyos mértékig hibás képe a valóságnak. Egy adott modell a valódi rendszert csak meghatározott szempontból helyettesíti, valamilyen még elfogadható pontossági határon belül.

A gazdaságosság elve azt fejezi ki, hogy a célt figyelembe véve a modellnek a lehető legegyszerűbbnek kell lennie. Tehát azt nevezhetjük jó modellnek, amelyik a lehető legegyszerűbb, de a céljainknak megfelelő pontossággal közelíti meg a valóságot.

A modell a világ leírásának, megértésének eszköze. A modell a világra vonatkozó ismereteink kifejezője, és az emberi kommunikációnak is fontos eszköze. A modellezés fogalma kettős jelentésű; egyrészt a modellalkotás folyamatát jelölheti, másrészt az információszerzés hatékony módját a modell felhasználásával (lásd számítógépes szimulációs modellek). A valós világ és a modellezett világ kapcsolatát és ezek fontosabb jellemzőit a 4. ábra foglalja össze.



4. ábra

A valós rendszer és a modell kapcsolata

Forrás: FAUST 2011

Az ábrával is összhangban azt mondhatjuk, hogy a modell maga is egy olyan speciális rendszer lehet, amelynek az alapfunkciója információszolgáltatás. Természetesen a tapasztalataink alapján is rögzíthetjük, hogy nem minden információt szolgáltató rendszer modell. A modellezett világban mód nyílik a virtuális idő használatára is. Így a rendszervizsgálatok akár nagy időhorizonton elvégezhetők, elfogadható hosszúságú valós idő alatt.

A modellalkotás és a modellezés fontos megvalósítási és módszertani elemei

- a modellkutatás,
- a modelltervezés,
- a modellelemzés.

A modellek és a modellezés révén a következő előnyökhöz juthatunk:

- A valós világról megbízhatóbb ismereteket szerezhethetünk. (Bonyolult rendszerek modellezés nélkül nem kezelhetők.)
- Bizonyíthatjuk az elméleti eredményeket és a kiinduló hipotéziseket.
- Szintetizáljuk a statikusan leírt célrendszert (például automatizálás, szabályzó rendszerek kialakítása).
- A rendszer viselkedésére előrejelzéseket tehetünk (például szimuláció).
- Optimálhatjuk a különböző jelenségek lefolyását.
- Felhasználásukkal az érdekeltek között hatékony kommunikáció valósulhat meg.
- Segítségükkel rendezett, átlátható dokumentációt készíthetünk.

A rendszertechnikában a modellalkotás mindig két rendezőelv együttes érvényesülése alapján történik. A két rendezőelv a nézőpont, illetve a funkció, valamint a modellezés szintje. A rendszertechnikai munkákban akkor teremtünk világos és egyértelmű viszonyokat, ha az alkalmazott modelleknél a nézőpont/funkciót és a rendszermodell szintjét egyaránt megjelöljük.

4. Rendszerirányítás

Nem ok nélkül kezdenek mind a gazdasági életben, mind az államtudományban egyre inkább foglalkozni a szervezettel és a szervezéssel. Ennek oka minden bizonnyal főleg az, hogy a gazdasági szervezetek fokozódó nagysága és összefonódásaik mind jobban növekvő bonyolultsága egyre nagyobb mértékben megnehezíti az eredetileg kitűzött célok elérését. A szervezés az a menedzsmentfunkció, amely az elvégzendő feladatokat, erőforrásokat, kiemelten az azokat elvégző emberek csoportosítását, elrendezését és összekapcsolását jelenti annak érdekében, hogy az érintettek a legeredményesebben tudják elvégezni a munkát.

A *szervezet* – a legtágabb értelemben – bármely, emberek közös tevékenysége révén kialakult társadalmi formáció. Jellemzője, hogy rendelkezik valamilyen céllal, és erőforrásait ennek érdekében mozgósítja. A legtöbb szervezet törekszik arra is, hogy hosszú időn keresztül fennmaradjon, s ennek érdekében hatékonyan igyekszik működni.

A szervezett rendszerek lényeges jellemzője, hogy irányítottak. Irányítás alatt egy rendszer működésének meghatározott cél elérése érdekében való befolyásolását értjük. Ez a rendszerek *kibernetikai* szemléletű vizsgálatát jelenti. A kibernetika az irányítás tudománya. A mai értelemben definiált kibernetika Norbert Wiener amerikai matematikus nevével és munkásságával veszi kezdetét. Az ő értelmezésében a kibernetikát az irányítás és a kommunikáció tudományaként kezelték (WIENER 1961).

A kibernetika volt az első, a hagyományos tudományágakat mintegy keresztben metsző interdiszciplína, amely alkalmat adott a különféle tudományágak közötti szerves kapcsolat megteremtésére.

„A kibernetika egy új komplex tudományos kutatási irányzat, amely a vezérlésnek és szabályozásnak, továbbá az információk ezzel kapcsolatos gyűjtésének, továbbításának, tárolásának, feldolgozásának és felhasználásának olyan általános törvényszerűségeit kutatja, amelyek a vezérelt vagy szabályozott anyagi rendszer legkülönbözőbb mozgásformái esetén a mozgásforma specifikus mozgástörvényeivel együttes hatásban érvényesülnek.” (DEÁK–KOZMA 1996)

A megközelítés erősen információelméleti szempontú, de még így is jól érzékelteti, hogy az irányítás valamilyen befolyásoló jellegű tevékenység.

A kibernetika gazdasági vetületeivel Oscar Lange lengyel közgazdász foglalkozott. A dolgok, jelenségek *ok-okozati* összefüggéseire irányította a figyelmet. Megállapította, hogy a kibernetika lényege a kapcsolódó rendszerek csatolt tevékenységének irányítása. Ebben az értelmezésben tehát a kibernetika a csatolt tevékenységek tudománya (LANGE 1970).

Egy másik megközelítésben: „Az irányítás olyan tevékenység, amellyel a gazdasági rendszer működését valamilyen meghatározott cél elérése érdekében befolyásoljuk.”

Az irányításon tehát olyan tevékenység értendő, amelynek révén valamely folyamatba

- annak létrehozása,
- fenntartása,
- megváltoztatása vagy
- megszüntetése érdekében avatkoznak be (DEÁK–KOZMA 1996).

Az általunk rendszerelméleti szempontból is megalapozottnak tekinthető (és vizsgálódásaink tárgyát tekintve célszerű) megfogalmazásban az irányítás olyan befolyásoló tevékenység,

amely egyrészt a mesterségesen szervezett rendszerek létrehozására, másrészt azok célszerű működésének biztosítására irányul. Természetesen ez az általános fogalom nemcsak a gazdasági, hanem a műszaki-technikai rendszerek irányítására is értelmezhető.

Az irányításnak általában három alapvető fajtáját szokás megkülönböztetni:

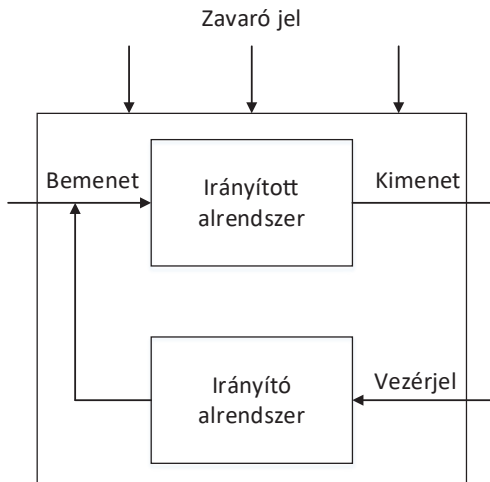
- az izolációt,
- a vezérlést és
- a szabályozást.

4.1. Izoláció

Az *elszigetelésen* alapuló irányítás, amelynek az a lényege, hogy a létrehozott, célszerű működésre beállított rendszert elzárjuk a környezetből potenciálisan érkező zavaró hatásoktól (zajoktól), ily módon biztosítjuk annak zavartalan működését. Az izoláció, a zavaró hatások kiküszöbölése – mint irányítási módszer – a zavaró jelek fellépésétől függetlenül létezik, tehát időben megelőzi azok fellépését, és nem engedi meg, hogy a folyamatra, a rendszerre hatást gyakoroljanak. Természetesen ezt az irányítási módot kizárólag zárt és determinisztikus rendszerek esetén alkalmazhatjuk, hiszen ha a rendszernek lényegi jellemzője az aktív környezeti kapcsolat, nem szigetelhető el. Amennyiben sztochasztikus, akkor nemcsak a környezetből érhetnek zajok, hanem belső zavaró tényezők is felléphetnek, tehát nem biztosított a célszerű működés (BENKŐNÉ–BODNÁR–GYURKÓ 2008).

4.2. Vezérlés

A rendszert kibernetikai szempontból irányító és irányított alrendszerre bontottuk.



5. ábra

A vezérlés egyszerű modellje

Forrás: a szerző szerkesztése

Az irányított alrendszer a rendszer azon folyamatait foglalja magában, amelyek közvetlenül megvalósítják a rendszer funkcióit. Felveszik az erőforrásokat (bemenet), végrehajtják a közvetlen transzformációkat, kibocsátják a teljesítményeket (kimenet).

Az irányító alrendszer folyamatai végzik el azokat a beavatkozó jellegű tevékenységeket, amelyek biztosítják a rendszer célszerű működését. A vezérelt rendszert a környezetből zavaró hatások érhetik. Ezekről a várható zavaró hatásokról az irányító alrendszer információt kap (vezérjel), ezen információk ismeretében olyan beavatkozást végez, amelynek eredményeként a zavaró hatás nem tud érvényre jutni, a rendszer célirányban marad.

A vezérlési beavatkozás akkor történik meg, amikor a zavaró jel éppen bekövetkezik, illetőleg amikor annak hatására következni lehet. A vezérlési beavatkozás a zavaró jellel egyidejűleg hat a folyamatra, mégpedig ellentétes irányban, úgy, hogy az együttes hatás eredője nulla. A vezérlési beavatkozás viszont csak az adott zavaró hatásokat közömbösíti, nevezetesen csak azokat, amelyek bekövetkeztével számoltunk, s arra felkészültünk.

A zavaró hatások kompenzációja alapján történő irányítási módszer az irányított folyamat kívánt szinten való tartását a külső tényezőkben, a környezetben keletkező változások alapján oldja meg. Az irányítás e módszerének alkalmazása megkívánja, hogy ismerjük a környezet tényezőit, a bemenő jelek, valamint az irányított jellemző közötti összefüggéseket. Ezen összefüggések ismerete a zavaró hatásokat kompenzáló irányítási módszer jellemző sajátossága. Hatékony alkalmazása sok ismeretet tételez fel, különösen akkor, ha a zavaró hatások sokféle forrásból erednek. A vezérlés esetén az irányított folyamatot vezérelt folyamatnak, az irányított jellemzőt pedig vezérelt jellemzőnek, s végül a zavaró hatásokat kompenzáló eszközöket kompenzátoroknak (kompenzál = kiegyenlít) is nevezzük.

A „nyílt hatásláncú” elnevezés arra utal, hogy a beavatkozás alapja a külső környezetből kapott előrejelzés.

Amennyiben olyan zavaró környezeti tényezők lépnének fel, amelyeket nem prognosztizáltak, amelyeket az előrejelzés nem vett figyelembe, vagy amelyek esetében a rendszer a beavatkozásra nem volt felkészítve, akkor természetesen a kiküszöbölés sem valósítható meg. Ebből következik, hogy ezt az irányítási módot is csak determinisztikus rendszerek és jól prognosztizálható zavaró tényezők esetén lehet alkalmazni.

4.3. Szabályozás

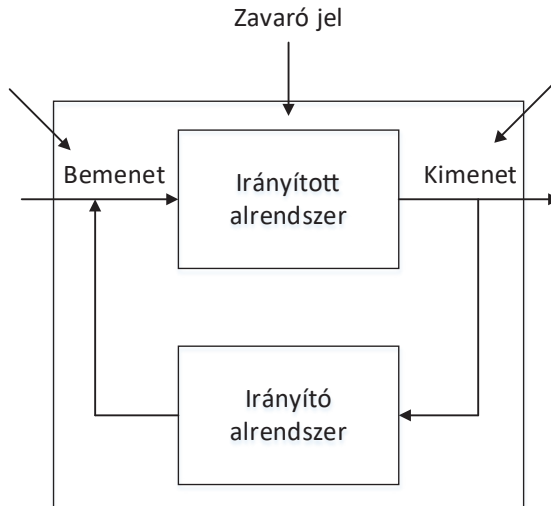
A szabályozás egy zárt hatásláncú irányítás, amelynek a lényege az, hogy a beavatkozás visszacsatoláson, azaz a rendszernek önmagáról levett információján alapul.

A visszacsatolásnak két válfaját különböztetjük meg, a negatív és a pozitív visszacsatolást (HÁKLÁR–NAGY 1975).

A *negatív visszacsatolás* a rendszer működésének előírt egyensúlyi állapotát kívánja fenntartani. Az irányító alrendszer az irányított alrendszer tényállapotairól veszi le az információt, és ha céltérést érzékel, beavatkozik. A beavatkozása ellentételező jellegű. A negatív visszacsatolás hatására a labilis rendszer stabilitása csökken. A beavatkozás addig folyik, amíg a rendszer visszaáll a cél irányába.

A *pozitív visszacsatolás* felerősödő folyamatot hoz létre, azaz a rendszer kimenetén mért érték mindig hozzáadódik a bementi értékhez, a visszacsatolás felerősíti a rendszerben elindult változást.

A szabályozás sztochasztikus rendszerek irányítására is alkalmas, hiszen ez esetben akkor következik be a beavatkozás, amikor a zavaró hatás már elérte a rendszert, és az irányított folyamatok reagálása biztossá vált. Az sem okoz gondot, hogy a beavatkozásra történő reagálása is bizonytalan lehet a rendszernek, mert addig történik beavatkozás, míg a rendszer célirányossá nem válik.



6. ábra

A szabályozás egyszerű modellje

Forrás: a szerző szerkesztése

4.3.1. A szabályozási folyamat fázisai

Akár hagyományos emberi beavatkozással, akár informatikai úton történik az irányítás, főbb műveletei a következők:

- alapjelképzés,
- érzékelés,
- különbségképzés,
- ítéletalkotás,
- beavatkozás.

A szabályozást műszaki-technikai rendszerek és társadalmi-gazdasági rendszerek irányítására is használják. A társadalmi rendszerek – így a gazdasági rendszerek is – a pozitív és a negatív visszacsatolós szabályozási körök bonyolultan összefonódó rendszereivel biztosítják a dinamikus egyensúlyban lévő fejlődést.

4.3.2. A szabályozás típusai

A szakirodalomban a szabályozásnak többféle tipizálásával is találkozhatunk. Számunkra leginkább célszerű az a megközelítés, amelyik aszerint csoportosít, hogy az alapjelet mi képpen határozzák meg (BODNÁR–PARÓCZAI 1995).

- *Egyszerű szabályozás* esetén az előírt kimeneti érték, az alapjel hosszabb időn keresztül állandó.
- *Követő szabályozásról* abban az esetben beszélhetünk, ha az alapjel valamilyen változó függvénye, mintegy nyomon követi azt.
- *Adaptív szabályozás* esetén az alapjel a rendszer előző időpontokban elért állapotainak a függvénye. Ennek a szabályozási módnak alapvető jellemzője a tanulás. A rendszer a múltbeli állapotairól belső képet őriz, és ennek függvényében alakítja saját normáit.
- *Optimumszabályozás* akkor valósul meg, ha az alapjelet valamilyen függvény szélsőértékeként (maximumaként vagy minimumaként) határozzák meg.
- *Komplex szabályozásról* beszélünk, ha egy bonyolult rendszerben az előző típusok egyszerre vannak jelen és érvényesülnek.

5. Összefoglalás

A rendszerek működését sokszor nem közvetlenül magán a rendszeren elemzik. Ennek az az oka, hogy ez többnyire drága tevékenység. Ráadásul a rendszerek majdnem mindig komplex környezetükben működnek, így lényeges elemeik, fontos folyamataik és kapcsolataik nehezen ismerhetők fel a gyakorlati működés során.

A fenti problémák miatt vezették be a rendszertechnikába a rendszermodellezés elvét és gyakorlatát. A jól kialakított modell ugyanis számos vonásában eltér a tényleges rendszertől. A modell először is lényegesen egyszerűbb a valóságnál, mert csak a legszükségesebb rendszertulajdonságokat (és így csak a legfontosabb rendszeralkotó részeket) tartalmazza. Ez teszi lehetővé, hogy előtérbe kerüljenek a működés szempontjából olyan, fontos jellemzők, amelyeket a tényleges rendszer komplex jellege elfedne a vizsgáló tekintet elől. A modell tehát csak a lényegét tartalmazza. Ennek persze ára van, hiszen a modell szükségszerűen mindig pontatlanabb a valóságnál. Ez az oka annak, hogy a modellezés eredményeit mindig ellenőrizni kell a gyakorlatban, mielőtt döntéseket hoznánk azok alapján a fejlesztésről, a változtatásokról. A modellek vizsgálata ezenkívül legtöbbször olcsóbb és biztonságosabb a tényleges rendszer elemzésénél. A modellezés előnye még ezenkívül az is, hogy lehetővé teszi absztrakt vizsgálatok lebonyolítását, azaz módot nyújt matematikai és egyéb elvont, elméleti eszközök felhasználására. A modellezéssel lehetővé válik a döntések algoritmizálása, illetve a következtetések egymástól eltérő rendszerekre való adaptálása is (KATA 2013).

A szervezés módszertanához elsősorban a kibernetika vezérlési formáira lesz szükség. Mint azt a 20. századi kutatások megmutatták, a legtöbb rendszer, és főleg a mesterségesen szervezett rendszerek egyik legfontosabb jellemzője, hogy valamilyen módon irányítottak, ezért magát az irányítást meg kell határoznunk. A vezérlés legfontosabb jellemzője, hogy nyílt láncú, a kimenetről nincs visszajelzés, következésképpen nincs visszacsatolás sem.

A szabályozásnál van a kimenetről információ, tehát van mérés és van visszacsatolás is. A kettő között az a különbség, hogy a szabályozással sokkal megbízhatóbban lehet a kívánt eredményeket elérni – alapjelkövetést és zavarelhárítást –, mint vezérléssel. A szabályozások sokkal kevésbé érzékenyek a zavarásokra, mint a vezérlések, hiszen a kimenetről van információ, amellyel a folyamatot korrigálhatjuk, a zavarások hatását csökkenthetjük.

Fogalmak

- adaptív szabályozás
- állapot
- a posteriori ismeret
- a priori ismeret
- deduktív modell
- demonstratív modell
- diszkrét modell
- egyszerű szabályozás
- fehér doboz
- fekete doboz
- fizikai modell
- folytonos modell
- funkcionális, koncepcionális modell
- gazdaságosság
- indukció
- induktív modell
- irányítás
- izoláció
- kibernetika
- komplex szabályozás
- konklúzió
- követő szabályozás
- matematikai modell
- modell
- negatív visszacsatolás
- nyílt hatásláncú
- ok-okozati összefüggés
- optimumszabályozás
- paraméter
- pozitív visszacsatolás
- prediktív modell
- struktúra
- szabályozás
- szelekció
- szeparáció
- szervezet

- szillogizmus
- szimuláció
- validálás
- verifikálás
- vezérelt rendszer
- vezérlés
- zavaró jel

Áttekintő kérdések

1. Vázolja a rendszer- és modellképzés folyamatát!
2. Milyen módon határolhatjuk körül az általunk vizsgálni vagy fejleszteni kívánt rendszert?
3. Mit jelent az, hogy egy rendszert fekete dobozként vizsgálunk?
4. Mit jelent az, hogy egy rendszert fehér dobozként vizsgálunk?
5. Milyen fő jellemzőit ismeri a modelleknek? Milyen céljai vannak a modellezésnek?
6. Vázolja a szabályozás modelljét, a szabályozó alrendszer funkcióinak és kapcsolatainak részletezésével!
7. Mi a különbség a deduktív és az induktív modellalkotás között?
8. Hogyan csoportosíthatók a modellek?
9. Mi a különbség az izoláció, a vezérlés és a szabályozás esetén?

Felhasznált irodalom

- BENKŐNÉ DEÁK I. – BODNÁR P. – GYURKÓ Gy. (2008): *A gazdasági informatika alapjai*. Budapest, Perfekt.
- BODNÁR P. – PARÓCZAI P. (1995): *Gazdasági informatika*. Budapest, PSZF.
- DEÁK I. – KOZMA I. (1996): *Gazdasági informatika I. Távoktatási kiegészítő anyag*. Budapest, PSZF.
- FAUST D (2011): *Rendszertechnika*. [Gödöllő] Szent István Egyetem. Elérhető: https://regi.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019_Rendszertechnika/ch05s03.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- HÁKLÁR L. – NAGY J. (1975): *Információrendszerek tervezése és szervezése*. Budapest, KJK.
- HUSI G. (2010): *Rendszerelmélet – rendszerszemlélet*. Working paper. Elérhető: <https://docplayer.hu/29883789-Rendszerelmélet-rendszerszemlelet-dr-husi-geza.html> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- JÁVOR A. (2000): *Diszkrét szimuláció*. Budapest, BME Információmenedzsment Tanszék.
- KATA J. (2013): *Mérnöki módszerek a pedagógiában*. Budapest, Typotex. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0023_Mernoki/section-0002.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- KENDERFI M. (2011): *Tervezési modellek*. Szent István Egyetem. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Tervezesi_modellek/ch06s02.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- KONDOROSI K. – SZIRMAY-KALOS L. – LÁSZLÓ Z. (2007): *Objektum orientált szoftverfejlesztés*. ComputerBooks Kft.

- LANGE, O. (1970): *Introduction to Economic Cybernetics*. Oxford, Pergamon.
- M. CSIZMADIA B. – NÁNDORI E. (2003): *Modellalkotás*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- NELSON, B. L. (1995): *Stochastic Modeling, Analysis and Simulation*. New York, McGraw-Hill, Inc.
- POKORÁDI L. (1992): *A matematikai modellek és alkalmazásuk a repülőműszaki gyakorlatban, az MHTT. Légvédelmi Repülő és Űrhajózási Szakosztály pályázatán III. díjat nyert pályamunka*. Jelige: Mérnök.
- POKORÁDI L. (2007): A matematikai modell. *Szolnoki Tudományos Közlemények*, XI. különszám.
- RIPLEY, B. D. (1987): *Stochastic Simulation*. New York, Wiley.
- SZATMÁRI J. (2013): *Modellek a geoinformatikában*. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0025_geo_4/ch01.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- SZÜCS E. (1972): *Hasonlóság és modell*. Budapest, Műszaki.
- SZÜCS G. (2007): *Diszkrét szimuláció matematikai alapjai*. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem Operációkutatás Tanszék.
- WIENER N. (1961): *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. The MIT Press.
- ZADEH, L. A. – POLAK, E. (1972): *Rendszerelmélet*. Budapest, Műszaki.

Vákát oldal