

# Modellezés és metamodellezés

Hibatűrő Rendszerek Kutatócsoport

2020

## Tartalomjegyzék

1. Modellezés	1	4. Absztrakció és finomítás	4
2. Modellezési nyelvek	2	Irodalomjegyzék	6
3. Nyílt és zárt világ feltételezés	4	Tárgymutató	6

## Bevezetés

Ebben a fejezetben a modellezés alapfogalmaival fogunk megismerkedni. Az itt bevezetett fogalmak újra és újra megjelennek majd a későbbi fejezetekben, ahol részletesen ki fogunk térni az adott területen történő értelmezésükre.

## 1. Modellezés

Mi értelme van modellezni? Fejben szinte mindig modellezünk, bármilyen probléma kerül elénk. Nincs ez másképp egy szoftver fejlesztésekor sem. Lássuk hát, miről beszélünk, amikor a modell szót használjuk.

**Definíció.** *Modell:* egy valós vagy hipotetikus világ (a „rendszer”) egy részének egyszerűsített képe, amely a rendszert helyettesíti bizonyos megfontolásokban. Egy modell elkészítésének mindig egy kérdés megválaszolása a célja.

A modell tehát egy többnyire bonyolult rendszer egyszerűsített reprezentációja, amiben csak az aktuális probléma szempontjából lényeges vonásokat szerepeltetjük. Egy adott rendszer modellé történő leképezésének általában két fontos előnye van:

- A modell az eredeti rendszernél *kisebb*, hiszen az aktuális problémához nem (vagy lazábban) kapcsolódó, elhanyagolható információk nem jelennek meg benne.
- A modell az eredeti rendszernél *áttekinthetőbb*, hiszen csak az adott probléma szempontjából érdekes, releváns információkat és kapcsolatokat kell vizsgálni.

**Példa.** Modellekre sok példát láthatunk a hétköznapokban is. Nem csak gyerekek körében népszerű játék a modellvasút. Itt valóban modellről beszélhetünk, hiszen a játkvonalak számos tekintetben hűen reprezentálják a valódi vonatokat, azonban például „szemet hunyunk” a méretükkel, tömegükkel, a bennük lévő villanymotor paramétereivel és még sok egyéb hasonló tulajdonságukkal kapcsolatban.

Az informatika egyik leggazdagabb modellforrása a matematika. Amikor gráfelméletet tanulunk, valójában rengeteg, bizonyos szempontból hasonló probléma közös modelljét vizsgáljuk. Valóban, a matematika egyik célja az ilyen modellek azonosítása és minél hatékonyabb eszköztárak kidolgozása a rajtuk megfogalmazott feladatok megoldására. A gráfoknál maradva (gráfokról bővebben a *Struktúra alapú modellezés* c. segédanyagban és a *Bevezetés a számításelméletbe* 2. c. tárgyban lehet tájékozódni) egy város úthálózata jól reprezentálható egy élsúlyokkal ellátott gráffal, ahol a csomópontok a kereszteződések, az élek az útszakaszok, az élsúlyok pedig a szakaszok hosszait jelölik. Ez a modell kiválóan alkalmas legrövidebb útvonalak tervezésére (mi kellene még a *leggyorsabb* útvonal tervezéséhez?), de figyelmen kívül hagy számos egyéb paramétert, például az utakon lévő kanyarulatokat, a legnagyobb megengedett sebességet stb.

**Megjegyzés.** Az, hogy a modell kisebb, nem mindig „kényelmi” szempont. Gyakran lehet olyan problémával találkozni, aminek a mérete bizonyos szempontból *végtelen* (például végtelen sok állapota van, folytonos változók vannak benne, esetleg részét képezi az *idő*), viszont egy alkalmas *véges* modellen a számunkra releváns tulajdonságok továbbra is jól vizsgálhatók maradnak. Egy autót fizikai szempontból modellezhet a pillanatnyi sebességvektora, ami három valós szám, tehát a modellünk így végtelen. Ha viszont feltételezzük, hogy a sebesség nagysága nem lehet 200 km/h-nál több, és két tizedesjegy pontossággal adjuk meg a vektor koordinátáit (tehát *diszkrét értékekkel* jellemezzük a rendszert), akkor máris véges modellt kapunk. Természetesen ez a modell kicsit torzítani fog a valósághoz képest, de számos problémánál ez a hiba elhanyagolhatóan kicsi lesz (ráadásul végtelen modellen lehet, hogy nem is tudnánk megoldást adni).

Fontos kérdés, hogy hogyan lehet ábrázolni egy modellt. Maga a modell ugyanis többnyire egy hipotetikus struktúra, nem kézzel fogható és nem is mindig célszerű teljes részletességgel ábrázolni.

**Definíció.** *Diagram:* a modell egy nézete, amely a modell bizonyos aspektusait grafikusán ábrázolja.

**Megjegyzés.** Fontos megjegyezni, hogy nem minden modell, ami modellnek látszik.

- *A modell nem a valóság:* az általunk definiált modellen bizonyos állítások igazak lehetnek, amik a valóságban nem állják meg a helyüket.
- *A modell nem a diagram:* a diagram csak egy ábrázolás módja a modellnek, amivel olvashatóvá tesszük.

## 2. Modellezési nyelvek

A modellek leírásához nem elég, ha diagramokat rajzolunk. Egy modell precíz megadásához szükség van egy *modellezési nyelvre*. A modellezési nyelvek legfőbb célja a kommunikáció gép-gép, ember-gép, vagy akár ember-ember között is. Egy modellezési nyelv lehet *szöveges* (pl. Verilog, VHDL, Java stb.) vagy *grafikus* (pl. webes konyhatervező, UML diagramok stb.). Gyakori, hogy egy modellezési nyelv szöveges és grafikus jelölésrendszert is definiál, ugyanis mindkettőnek megvannak a saját előnyei és hátrányai: jellemzően modellt építeni könnyebb szöveges nyelv használatával, míg a modell olvasása grafikus nyelvek (diagramok) segítségével egyszerűbb.

**Definíció.** Egy *modellezési nyelv* négy részből áll:

- *Absztrakt szintaxis* (más néven *metamodell*): meghatározza, hogy a nyelvnek milyen típusú elemei vannak, az elemek milyen kapcsolatban állhatnak egymással, és a típusoknak mi a viszonya egymáshoz. Ezt a reprezentációt használják gépek a modell belső tárolására.
- *Konkrét szintaxis*: az absztrakt szintaxis által definiált elemtípusokhoz és kapcsolatokhoz szöveges vagy grafikus jelölésrendszert definiál. Ezt a reprezentációt használják az emberek a modell olvasására és szerkesztésére.
- *Jólformáltsági kényszer*: Megadja, hogy egy érvényes modellnek milyen egyéb követelményeknek kell megfelelnie.
- *Szemantika*: az absztrakt szintaxis által megadott nyelvi elemek jelentését definiáló szabályrendszer.

Egy modellezési nyelvhez több konkrét szintaxis is adható.

Az absztrakt szintaxis tekinthető a modellezési nyelv modelljének, ezért hívjuk *metamodellnek* is. A konkrét szintaxis a metamodellhez képest annyival több, hogy a definiált elemekhez megjeleníthető reprezentációkat rendel, ezáltal válik olvashatóvá és szerkeszthetővé egy modell leírása. Ha nem okoz félreértést, akkor a szintaxis szót leggyakrabban az absztrakt és konkrét szintaxis együttes jelölésére használjuk (tehát az elemkészletre és a jelölésekre együtt). A jólformáltsági kényszerek tovább szűkítik a lehetséges modellek körét olyan szabályokkal, mint például az azonos nevű elemek tiltása. Végül a szemantika megadja, hogy az így leírt modell pontosan mit is jelent, vagy hogyan „működik”. A szemantika fogalmát strukturális és viselkedési modellek esetén kissé eltérően értelmezzük majd, erre a későbbi fejezetekben térünk vissza.

**Példa.** A C nyelv egy szöveges nyelv, melyben elemeknek tekinthetjük az *if*, *for*, *switch*, *változónevek*, *metódusnevek*, *típusok* stb. részeket. Ezek azonban nem tetszőleges sorrendben állhatnak egymás mellett, hanem egy jól meghatározott szabályrendszer szerint. Ez a szintaxis. Azt, hogy az *if* kulcsszóval elágazást, a *for* kulcsszóval pedig egy ciklust definiálunk és nem pedig valami teljesen más dolgot, a szemantika határozza meg. Vagyis a szemantika jelentéssel tölti meg a nyelvi elemeket.

**Példa.** A Yakindu Statechart Tools<sup>a</sup> egy állapotgépek specifikálását és fejlesztését lehetővé tévő nyílt forráskódú eszköz, mely az Eclipse IDE alapjaira épül. Kényelmi funkcióihoz tartozik az elkészített modell validációja, szimulálásának lehetősége, ill. a modellalapú kódgenerálás is. A szöveges (XML) nyelv mellett egy könnyen használható grafikus felületet is biztosít, ahol lehetőségünk van állapotokat és átmeneteket definiálni. Ezek nyelvi elemként, mint dobozok és nyilak jelennek meg. A grafikai szintaxis meghatározza, hogy a dobozokból csak nyilakkal lehet összekötni más dobozokat. Ekkor igazából azt adjuk meg, hogy egy adott állapotból alkalmazásunk milyen másik állapotba kerülhet. Ez a szemantikai jelentés. Az állapot alapú modellek leírásával részletesen az *Állapot alapú modellezés* fejezetben fogunk foglalkozni.

<sup>a</sup><http://statecharts.org>

**Megjegyzés.** A metamodell ugyanúgy modell, mint a segítségével leírható modellek. Ebből kifolyólag ugyanúgy adható hozzá modellezési nyelv, aminek szintén lesz egy metamodellje. A gyakorlatban ez addig folytatódik, amíg az egyik metamodellt már egy szabványos modellezési nyelv segítségével írjuk fel. Érdekeség, hogy az UML metamodell-hierarchiájának gyökerében egy *önleíró modell* található: önmaga a saját metamodellje is egyben.

**Példa.** Modellekre és metamodellekre számos példa kerül majd elő a későbbi tanulmányok során:

- Az UML [1] objektum diagramján ábrázolt objektummodelleket az osztálydiagramokon ábrázolt metamodelljeik szerint adhatjuk meg (*Szoftvertechnológia* tárgy).
- Az XML dokumentumok metamodelljét az XML sémák adják (*Szoftvertechnológia* tárgy).
- Egy adatbázis tábla metamodellje a relációs adatbázisséma (*Adatbázisok* tárgy).

A konkrét szintaxist (jelölésrendszert) mindegyik esetben külön határozzák meg, az UML esetében többféle grafikus és szöveges szintaxis is definiált.

**Tipp.** Minden fejezetben, ahol modellezési formalizmusokkal ismerkedünk meg, szerepelni fog az adott modell típus metamodellje is.

### 3. Nyílt és zárt világ feltételezés

Egy modell szemantikájának definiálása során több feltételezésből is kiindulhatunk. Ezeket rögzíteni kell, és a modell értelmezésekor döntő szerepük van a különböző állítások igazságtartalmának eldöntésekor.

**Definíció.** *Zárt világ feltételezés:* Minden állítás, amiről nem ismert, hogy igaz, hamis.

**Definíció.** *Nyílt világ feltételezés:* Egy állítás annak ellenére is lehet igaz, hogy ez a tény nem ismert.

A két feltételezés között az egyik legfontosabb különbség, hogy a nyílt világ feltételezés elismeri és használja az *ismeretlen* fogalmát, míg a zárt világban minden tudás ismertnek tekintett. Mindkét feltételezésnek megvan a maga szerepe és helye, ahogy azt a következő két példa is illusztrálja.

**Példa.** A zárt világ feltételezést olyankor alkalmazzuk, amikor egy rendszernek a teljes szükséges információ a rendelkezésére áll. Erre példa egy tömegközlekedési adatbázis: ha megkérdezzük, hogy közlekedik-e közvetlen járat a Magyar Tudósok körútja és a Gellért tér között, és ilyen járat nincs az adatbázisban, akkor a válasz egyértelmű „nem”. Ebben az esetben valóban ez az elvárt és helyes válasz.

A nyílt világ szemantika olyankor alkalmazandó, amikor nem feltételezhetjük, hogy minden információ a rendelkezésünkre áll. Például egy orvosi nyilvántartó rendszerben előfordulhat (sőt, számítani kell rá), hogy egy beteg annak ellenére allergiás valamire, hogy ez a nyilvántartásban nem szerepel.

### 4. Absztrakció és finomítás

A modell definíciójának szerves része az *egyszerűsítés*, az adott probléma szempontjából irreleváns információk elhanyagolása. Ugyanannak a rendszernek több modelljét is elkészíthetjük más-más részletek kihagyásával. Ráadásul egy elkészített modelltől további részleteket hagyhatunk el, vagy éppen újabb részleteket vehetünk bele, így a modellek a részletgazdagság szerint egyfajta hierarchiába rendezhetők.

Különbséget kell tennünk azonban egy modell részletekkel gazdagítása és megváltoztatása között. Ehhez segít, ha megkülönböztetjük a modellt (illetve a modellezett rendszert) és a környezetét.

**Definíció.** *Rendszer és környezete:* a környezet (vagy kontextus) a rendszerre ható tényezők összessége. Modellezéskor a modellezett rendszernek mindig egyértelműen definiálni kell a *határait*. A határon belül eső dolgokat a rendszer részének tekintjük, az azon kívül esők adják a környezetet. Szokás még a környezet elemeit két csoportba sorolni: *releváns* környezeti elemek azok a dolgok, amik a rendszerrel közvetve vagy közvetett módon kapcsolatban állnak, míg *irreleváns* környezeti elem, ami a rendszerrel nincs kapcsolatban.

**Megjegyzés.** Gyakori, hogy egy rendszer környezetéről (is) készítünk modelleket. Ennek haszna a rendszer és a környezet interakcióinak pontosabb megértése, tervezése és analízise. Az elkészült rendszerek tesztelésekor például gyakran nem az éles környezetben tesztelünk, hanem a környezet modellje alapján szimuláljuk az interakciókat.

A környezet szempontjából nézve a rendszert tekinthetjük *fekete doboznak* vagy *fehér doboznak*. Előbbi esetben a rendszer belső felépítését és viselkedését nem ismerjük, míg utóbbi esetben ezek az információk rendelkezésre állnak. Ez a két fogalom főleg tesztek tervezésekor érdekes, erről bővebben a *Modellek ellenőrzése* fejezetben lesz szó.

**Példa.** Sportautók tervezésekor a rendszer jól körülhatárolható. Aerodinamikai szempontból releváns külvilágnak tekinthető az autó körül áramló levegő. Tervezéskor célszerű a karosszéria (rendszer) és a légáramlás (környezet) modelljét is elkészíteni, hogy minél pontosabb szimulációkkal megfelelő jóslatokat tudjunk tenni a terv minőségét illetően. Később, amikor az elkészült prototípus tesztelése folyik, a szélcsatorna tekinthető a légáramlás egy pontosabb, fizikai modelljének.

A környezet segítségével definiálhatjuk, hogy mit jelent a modell részletekkel gazdagítása.

**Definíció.** *Finomítás:* a modell olyan részletezése (pontosítása), hogy a környezet szempontjából nézve a finomított modell (valamilyen tekintetben) helyettesíteni tudja az eredeti modellt.

A finomítás mindig többletismeret bevitelét jelenti a modellbe. A finomítás konkrét módja és a helyettesíthetőség pontos definíciója problémafüggő, amikre sok példát láthatunk majd a későbbi fejezetekben. Természetesen a finomításnak ellentétes művelete is van.

**Definíció.** *Absztrakció:* a finomítás inverz művelete, vagyis a modell részletezettségének csökkentése, a modellezett ismeretek egyszerűsítése.

A szabályos finomítás után az eredeti modell mindig visszakapható egy szabályos absztrakcióval. Érdemes megjegyezni, hogy finomítás során többnyire tervezői döntést hozunk annak tekintetében, hogy egy adott részletet hogyan illesztünk a modellbe, míg az absztrakció során a részlet elhagyása egyértelmű. Következésképpen egy finomítási lépésnek általában sokféle eredménye lehet, de egy adott absztrakciós lépésnek mindig csak egy.

**Példa.** Egy közlekedési lámpának megadható egy absztrakt és egy részletes modellje is. Az absztrakt modellben a lámpának két állása van: *tilos* és *szabad*. A részletesebb modellben a *szabad* állapotnak megfelelhet a *zöld* állapot, a *tilos* állapotban pedig a *sárga*, *piros* és *piros-sárga*.

Figyeljük meg, hogy az absztrakt modellből a részletesebbe lépés (finomítás) során többlet ismeretet vittünk a modellbe, mégpedig a lámpákkal kapcsolatban. Ráadásul mivel az új állapotok mindegyike egyértelműen megfeleltethető egy réginek, a környezet számára a rendszer továbbra is leírható az absztrakt modellel.

Azt is láthatjuk, hogy a finomítási lépésnek („bontsuk szét a *tilos* állapotot”) több megoldása is lehetett volna, míg az ennek megfelelő absztrakciós lépésnek („vonjuk össze a *sárga*, *piros* és *piros-sárga* állapotokat”) csak egyetlen megoldása van (az elnevezésektől eltekintve).

**Tipp.** A későbbi fejezetekben az adott témakör vonatkozásában számos példát adunk majd absztrakcióra és finomításra.

## Hivatkozások

- [1] Object Management Group: Information technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML) – part 2: Superstructure. ISO/IEC 19505-2:2012. Jelentés, 2012, Object Management Group. URL <http://www.omg.org/spec/UML/ISO/19505-2/PDF/>.

## Tárgymutató

**absztrakció** abstraction [əb'stɹæk.ʃŋ] 5

**absztrakt szintaxis** abstract syntax 3

**diagram** diagram ['daɪ.ə.græm] 2

**fehér doboz** white box 4

**fekete doboz** black box 4

**finomítás** refinement [rɪ'fʌɪnm(ə)nt] 5

**jólformáltsági kényszer** well-formedness constraint 3

**konkrét szintaxis** concrete syntax ['kɒŋkri:t] 3

**környezet** environment, context 4

**metamodell** metamodel ['metəmədɪ] 3

**modell** model ['mɒdɪ] 1

**modellezési nyelv** modeling language 2, 3

**nyílt világ feltételezés** open-world assumption 4

**rendszer** system ['sɪstəm] 1, 4

**szemantika** semantics [sɪ'mæntɪks] 3

**UML** egységesített modellező nyelv; Unified Modeling Language 3

**véges** finite ['famaɪt] 2

**végtelen** infinite ['ɪnfɪnɪt] 2

**XML** kiterjeszhető jelölőnyelv; Extensible Markup Language 3

**zárt világ feltételezés** closed-world assumption 4