FeladatkiÍrás

A mérnöki modellezésben jelentős szerep jut a viselkedésmodellezésnek, különösen az állapot alapú (Statechart) és folyamat alapú (Business Process) formalizmusoknak. A tanszéken folyó oktatásban már eddig is megjelentek ezek a modellek, például önálló házi feladat lehet egy megadott szöveges specifikációnak megfelelően viselkedő modell elkészítése.

A programozás oktatásában elterjedtek a házi feladatok automatikus értékelését végző eszközök; ez az ellenőrzés tesztesetek alapján, tehát dinamikusan (a működést végrehajtva) és szúrópróbaszerűen történik. Viselkedésmodell jellegű feladatoknál erre még nem ismert kiforrott megoldás. Ugyanakkor a viselkedésmodellek jellegükből adódóan a működésük statikus (futtatás nélküli) elemzését is lehetővé tehetnek bizonyos szempontok szerint.

A téma motivációját az adja, hogy a BME VIK mérnökinformatikus BSc képzésében oktatott Rendszermodellezés c. tárgy teljesítésének egyik követelménye az, hogy a hallgatók egy konkrét viselkedésmodellező technológiával (Yakindu Statechart Tools) készítsenek el egy állapotgépmodellt. A tárgy 2015 tavaszától a korábbi hetedik féléves oktatás helyett az új tanulmányi rend keretében már a második félévtől lesz megtartva; ebből következően a korábbiaknál jóval nagyobb hallgatói létszámra lehet számítani, és ez egyben jóval több ellenőrizendő házi feladatot is jelent.

A szakdolgozat célja az, hogy a modellező eszközzel elkészített házi feladatok tömeges ellenőrzését sikerüljön hatékonyabbá tenni, és az eleve rossz megoldásokat kiszűrni, ezzel az ellenőrzéssel járó terhek egy részét levéve az oktatók válláról. A hallgató feladata megismerkedni a Yakindu Statechart Tools technológiával felhasználói és fejlesztői szinten, és megvizsgálni az eszközzel elkészíthető modellek automatikus feldolgozásának, statikus ellenőrzésének, dinamikus futtatásának (tesztelésének) módját és lehetőségeit. A dolgozatban meg kell tervezni, meg kell valósítani és ki kell értékelni egy szoftvereszközt, amely képes a Yakindu feladatmegoldások tömeges kiértékelésére statikus és dinamikus eljárásokkal.

C:\Users\szarnyasg\Downloads\bme_logo_nagy.eps

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**

Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Készítette

Haraszin PéterKonzulens

2015

Tartalomjegyzék

[Összefoglaló 6](#_Toc420073239)

[Abstract 7](#_Toc420073240)

[1. Bevezetés 8](#_Toc420073241)

[2. Technikai háttérismeretek 9](#_Toc420073242)

[2.1. Az Eclipse integrált fejlesztőkörnyezet 9](#_Toc420073243)

[2.1.1. Az Eclipse kiegészítése beépülő modulokkal 9](#_Toc420073244)

[2.1.2. Eclipse-beépülők fejlesztése 10](#_Toc420073245)

[2.2. A modellvezérelt tervezés (Model-driven Engineering, MDE) 10](#_Toc420073246)

[2.3. Eclipse Modeling Framework (EMF) 11](#_Toc420073247)

[2.4. Yakindu 12](#_Toc420073248)

[2.4.1. A Yakindu használata 12](#_Toc420073249)

[2.4.2. Modellezés Yakinduban 12](#_Toc420073250)

[2.4.3. Validáció 13](#_Toc420073251)

[2.4.4. Szimuláció 13](#_Toc420073252)

[2.4.5. Kódgenerálás 14](#_Toc420073253)

[2.5. Viselkedésmodellek analízise 14](#_Toc420073254)

[2.5.1. Statikus ellenőrzés 14](#_Toc420073255)

[2.5.2. Dinamikus vizsgálat 15](#_Toc420073256)

[3. A feladatok azonosítása 16](#_Toc420073257)

[3.1. Statikus ellenőrzés 16](#_Toc420073258)

[3.2. Dinamikus ellenőrzés, a viselkedés tesztelése 17](#_Toc420073259)

[4. A feladatok megvalósításának menete 18](#_Toc420073260)

[4.1. A modellek elkészítéséhez rendelkezésre bocsátott eszközök 18](#_Toc420073261)

[4.2. A Rendszermodellezés c. tárgy hallgatóinak házi feladata 18](#_Toc420073262)

[4.2.1. Egy konkrét specifikáció 19](#_Toc420073263)

[4.3. Az elkészített modell ellenőrzéséhez tartozó architektúra 20](#_Toc420073264)

[4.3.1. Előfeltételezések az infrastruktúrával kapcsolatban 20](#_Toc420073265)

[4.3.2. Korlátok 22](#_Toc420073266)

[4.4. A megvalósításért felelős Eclipse-bővítmények részletes feladatai 23](#_Toc420073267)

[4.5. Az elkészített Eclipse-bővítmények struktúrája 24](#_Toc420073268)

[4.6. A statikus ellenőrzés megvalósítása 28](#_Toc420073269)

[4.7. A dinamikus analízis megvalósítása 31](#_Toc420073270)

[4.8. Az eredmények összegzése 31](#_Toc420073271)

[5. A megoldások kiértékelése 32](#_Toc420073272)

[6. További célok 33](#_Toc420073273)

[7. Összefoglalás 34](#_Toc420073274)

[Ábrák jegyzéke 35](#_Toc420073275)

[Táblázatok jegyzéke 36](#_Toc420073276)

[Irodalomjegyzék 37](#_Toc420073277)

[Függelék 38](#_Toc420073278)

Hallgatói nyilatkozat

Alulírott Haraszin Péter, szigorló hallgató kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (szerző, cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens neve) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hálózatán keresztül (vagy hitelesített felhasználók számára) közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervek esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Kelt: Budapest, 2015. 05. 22.

Haraszin Péter

# Összefoglaló

TODO: A szakdolgozat magyar nyelvű kivonata. Ez egy ½–1 oldalas magyar nyelvű összefoglaló, melynek szövege a Diplomaterv Portálra külön is feltöltésre kerül.

# Abstract

TODO: English abstract of the thesis work. This summarises the content of the thesis in 0.5–1 pages and is uploaded to the Thesis Work Portal as well.

# Bevezetés

TODO

# Technikai háttérismeretek

## Az Eclipse integrált fejlesztőkörnyezet

Az Eclipse integrált fejlesztőkörnyezet (Integrated Development Environment, IDE) egy ingyenes, nyílt forráskódú eszközkészlet, amely a komponensalapú Eclipse Platformra és az ehhez készített beépülő bővítményekre (plug-in) épül. Elsődleges célja a szoftverfejlesztés különböző fázisainak támogatása, de a moduláris felépítésnek köszönhetően a különböző bővítmények segítségével a fejlesztőkörnyezet képességei tetszőlegesen kiterjeszthetők.

Az Eclipse fejlesztőkörnyezetet a legszélesebb körben a Java programozási nyelven írt szoftverek készítésére használják, de számos egyéb programozási nyelvhez is támogatást nyújt (pl. C/C++, PHP, Python, stb.), illetve a kódorientált fejlesztésen kívül sok egyéb célra is alkalmazzák (pl. modellezésre).

A felhasználó egy ún. munkaterületen (workspace) tud dolgozni a fejlesztés során, az egymástól különálló munkákat pedig egy-egy projektbe (project) szervezheti, hogy az abban szereplő állományok egy összefoglaló egységet képezzenek. Az egyes projektek pedig a felhasználó által kialakított tematika szerint csoportosíthatóak egy-egy munkakészletbe (working set).

### Az Eclipse kiegészítése beépülő modulokkal

Az Eclipse platform legkisebb, önállóan is fejleszthető egysége az ún. plug-in, vagyis beépülő modul (vagy bővítmény, komponens). Ezek a beépülő modulok alapvetően a fejlesztőkörnyezet képességeinek bővítésére szolgálnak. Az egyes plug-inek egymásra is épülhetnek, egymás funkcióit kiegészíthetik, és egymástól függő viszonyban is lehetnek, így meghatározható egy-egy bővítmény működésének előkövetelménye is – ti. hogy milyen plug-ineket kell előzetesen telepíteni ahhoz, hogy azok – az elvártak szerint – működjenek. Ezenkívül számos egyéb elvárás is deklarálható (pl. konkrét verziószámra vonatkozó információk).

Az Eclipse hivatalos honlapjáról az adott célterülettől függően különböző Eclipse-disztribúciók tölthetők le[[1]](#footnote-1), ezek plug-inek egy-egy halmazát tartalmazzák, amelyek mindenképpen szükségesek ahhoz, hogy a fejlesztőkörnyezetet a kívánt célra használni tudjuk.

Egy Eclipse-példány tetszőleges számú beépülővel bővíthető. Egy adott programozási nyelvre vagy egyéb alkalmazási területre koncentráló disztribúció tipikusan többszáz beépülőt tartalmazhat.

### Eclipse-beépülők fejlesztése

Magának az Eclipse fejlesztőkörnyezetnek az alapvető működését és megjelenítését is egymásra épülő plug-inek biztosítják. A fejlesztőkörnyezet funkcionalitása saját beépülők készítésével is bővíthető. Ezek fejlesztésének menete konzisztens az Eclipse magját képező modulok elkészítésének menetével. Az Eclipse Java nyelven készült, így az azt kiegészítő plug-inek is ezen a nyelven fejleszthetőek.

Mint korábban említettük, a beépülők egymás funkcionalitását is kiegészíthetik. Ez úgy válik lehetővé, hogy a beépülők ún. kiterjesztési pontokat (extension point) deklarálhatnak[[2]](#footnote-2), amelyekre más beépülők rákapcsolódhatnak, és kiterjeszthetik az adott működést. Például az Eclipse különböző nézetek megjelenítéséért felelős magmoduljának kiterjesztési pontjaira kapcsolódva az egyes plug-inek saját nézeteket is definiálhatnak. Alternatív példa a fájlokhoz vagy egyéb erőforrásokhoz (pl. projekt) tartozó – többek közt jobb egérgombbal előhívható – környezeti menü, amely elemeinek megjelenítéséért szintén egy magkomponens felel, és amelynek megfelelő kiterjesztési pontjaira kapcsolódva egy másik bővítménnyel újabb, saját menüpont jeleníthető meg.[[3]](#footnote-3)

A beépülők saját Java-csomagokat is exportálhatnak[[4]](#footnote-4), más beépülők számára láthatóvá téve ezáltal a definiált osztályokat, publikus adattagokat és metódusokat, egyfajta alkalmazásprogramozói interfészt (Application Programming Interface, API) biztosítva ezzel, hogy a beépülőben definiált szolgáltatásokat a belső működés ismerete nélkül is használni lehessen egyéb plug-inekben is.

## A modellvezérelt tervezés (Model-driven Engineering, MDE)

Az informatikai rendszerek komplexitásának növekedésével egyes programozói hibák elkerülése, a stabilitás és a termelékenység növelése érdekében egyre nagyobb igény merült fel a szoftverek különböző elemeinek magasabb absztrakciós szinteken történő kezelésére, a tervezés és a fejlesztés felgyorsítására, a hagyományos kódközpontú fejlesztésről az ún. modellvezérelt tervezési és fejlesztési paradigmákra való áttérésre. A modellvezérelt tervezés (Model-driven Engineering, MDE) középpontjában magasszintű modellek megalkotása szerepel, így a fejlesztő egy bonyolult rendszer elvontabb, egyszerűsített nézetét alakíthatja, anélkül, hogy a tervezési fázisban az alacsonyszintű implementációs vagy környezetfüggő részletekkel foglalkoznia kellene, és ez könnyebbé és átláthatóbbá teheti a tervezést. A modellkészítés a modellek folyamatos analízisével és szigorú szabályokon alapuló ellenőrzésével történik, így az elkészített rendszer megbízhatósága is növekedhet.

A modellek leírására léteznek általános célú modellezési nyelvek (mint pl. az Object Management Group (OMG) konzorcium által szabványosított Unified Modeling Language (UML)), a gyakorlatban azonban a modellvezérelt tervezés és fejlesztés során ezeknél kötöttebb, szakterület-specifikus modellezési nyelveket (Domain-specific Modeling Language, DSML) alkalmaznak az iparban, hiszen így a modellek specifikus problémákat oldanak meg egy jól meghatározott értékkészlettel és követelményrendszerrel, és így azok automatikus validációja is könnyebben megvalósítható. A szakterület-specifikus modellezési nyelvek létrehozása azonban komoly szakértelmet igényel az adott területen, a hozzájuk tartozó nyelvtan megalkotása bonyolult folyamat, a megfelelő eszköztámogatás kialakítása pedig igen költséges lehet. Az említett problémák megoldásának egyszerűsítésére, egységesebbé tételére különböző szakterület-specifikus modellezési technológiák alakultak ki. Ezek közül a napjainkra de facto szabvánnyá vált, széles körben használt Eclipse Modeling Framework (EMF) emelkedett ki.

## Eclipse Modeling Framework (EMF)

Az ismertetett modellvezérelt tervezési és fejlesztési technológiák igen robusztus infrastruktúrát igényelnek. Az OMG modellezési szabványaira építve (azokhoz nem szigorúan ragaszkodva) az Eclipse Foundation egy modellezési keretrendszert hozott létre, az Eclipse Modeling Frameworköt (EMF). Ez egy Eclipse platformra épülő, mára széles körben elterjedt, ipari célokra is használt, de facto szabványnak számító, nyílt forráskódú modellező és kódgenerálást is lehetővé tévő keretrendszer, amellyel strukturált adatmodellen alapuló eszközök, alkalmazások készíthetőek. Alapja a Java programozási nyelv.

Az EMF segítségével szakterület-specifikus modellek modelljét, vagyis ún. metamodell­jét hozhatjuk létre. Ez a metamodell írja le az adott modell alapvető struktúráját. Egy tényleges modell egy ilyen – magasabb szintű – metamodellnek egy példánya.

A metamodellek definiálása az EMF magját képező ún. Ecore szintaxisa szerint történik, amely meghatározza, hogy ezek a struktúrák miként épülnek fel. Az Ecore már önmagában is egy metamodell, tehát végeredményben a metamodellek metamodellje. Az Ecore a modellezési nyelvben definiált osztályokról ad információt, felépítése a Unified Modeling Language (UML) általános célú modellezőnyelv osztálydiagramjainak felépítésére hasonlít: az osztályok között hierarchia határozható meg, a köztük lévő kapcsolatok, asszociációk pedig az osztályok összekötésével adhatók meg. Egy példánymodellben ezeknek az osztályoknak a példányai szerepelnek. Egy-egy modell ilyen objektumok összekötött – címkézett – gráfjaira képződik le. Ez a modell elvont szerkezetét adja meg, ezt a modellezési nyelveknél ún. absztrakt szintaxisnak hívjuk. A modell valamilyen felhasználóbarát, vizuális megjelenítése pedig az ún. konkrét szintaxis.

Az EMF képes arra is, hogy a felépített Ecore-hierarchia alapján Java-alapú osztályokat generáljon.

Számos modellezőeszköz alapja az Eclipse Modeling Framework, így a szakdolgozat központi témáját képező Yakindu modellezőeszközé is.

## Yakindu[[5]](#footnote-5)

A Yakindu Statechart Tools egy nyílt forráskódú, Eclipse-beépülőként elérhető modellezőeszköz, mellyel reaktív, eseményvezérelt rendszerek specifikálásához, fejlesztéséhez készíthetünk állapotgépeket. Alapja az Eclipse Modeling Framework. A Yakindu az állapotgép-modellek elkészítéséhez és szerkesztéséhez egy felhasználóbarát grafikus felületet biztosít. Az elkészített modellek azonnali validációját és szimulációját is támogatja, valamint különböző programozási nyelvekre történő kódgenerálásra is lehetőséget ad.

A Yakinduban a C, C++ és Java programozási nyelvekre történő kódgenerálás érhető el. A szakdolgozat témája kapcsán kifejezetten a Java nyelv támogatására fogunk koncentrálni, így a leírások egy része erre fog vonatkozni, még ha bizonyos részek – mint például a modell elkészítése és annak mentése, illetve visszatöltése – általános érvényűek – és platformfüggetlenek – is.

Ahhoz, hogy a Yakindunak a szakdolgozat szempontjából fontos képességeit megismerjük, egyszerű példákon keresztül fogom szemléltetni a használatát.

### A Yakindu használata

A Yakindu használatba vételéhez a hivatalos oldalról letölthetünk egy Yakindu-beépülőkkel kiegészített Eclipse-példányt[[6]](#footnote-6), vagy a meglévő Eclipse-példányunkba a megfelelő forráscímek beállítása után[[7]](#footnote-7) letölthetjük a szükséges bővítményeket. Ahhoz, hogy egy új állapotgépmodellt tudjunk készíteni, szükségünk lesz egy keretprojektre. Olyan projektet hozzunk létre, amely a használni kívánt programozási nyelvhez igazodik, tehát ha Java-kódot szeretnénk generáltatni a modellből, akkor értelemszerűen Java-projektet célszerű létrehozni. Jelen esetben ezt fogjuk alapértelmezésnek venni.

### Modellezés Yakinduban

A Yakindu modellezőfelülete, vagyis a Yakindu Statechart Editor három területre oszlik:

* A bal oldali terület az állapotgép nevének és ún. interfészeinek szöveges szintaxisú megadására szolgál egy saját interfészleíró nyelvtan segítségével.[[8]](#footnote-8)
  + Az interfészek az állapotgép különböző eseményeinek, változóinak és állapot-átmenetek (vagy adott állapotból történő ki-/belépés) során végrehajtható műveleteinek különálló egységekbe szervezését, csoportosítását teszik lehetővé. Ezek az egységek külső rendszerek felé is elérhető „csatlakozófelületeket” jelentenek.
  + Az interfészeknek a felhasználó tetszőleges nevet adhat. Ez alól egy kivétel van, a speciális ún. „internal” interfész, amelyben külső rendszerek számára nem elérhető, az állapotgép szempontjából belső használatú, lokális események, változók és műveletek definiálhatók.
* A középső területen az állapotdiagram fő szerkesztőterülete látható. Ez egy modellszerkesztéshez használható, felhasználóbarát felület, ahol az állapotgép különböző elemei jelennek meg grafikusan.
  + A diagram állapot- és pszeudoállapot-csomópontokból áll. Ezek az állapotok ortogonális (vagyis nem egymásba ágyazott) régiókba szervezhetőek. Az ortogonális régiók egymástól független állapotterek modellezését teszik lehetővé.[[9]](#footnote-9) A csomópontok közé irányított éleket (nyilakat) húzhatunk, jelezve az állapotváltás irányát. Az élekre felírhatjuk az állapotváltás kiváltó okát (valamilyen bemeneti esemény bekövetkezése, vagy megadott idő eltelte), őrfeltételét (adott feltétel teljesülése pl. egy változó értékének vizsgálata során), illetve a végrehajtandó műveletet (pl. kimeneti esemény kiváltása vagy egy változó értékének megváltoztatása).
* A jobb oldali területen a diagram szerkesztéséhez használható paletta látható, amelyről a grafikus szerkesztőfelületre tudjuk helyezni az állapotgép különböző elemeit (pl. állapot-csomópont, kompozit állapot (olyan állapot, amely egy másik állapotgépet tartalmazhat), régió, kezdőállapotot jelző csomópont, stb.).

### Validáció

A Yakindu futásidejű validációt is támogat, a modell szerkesztése során folyamatos szintaktikai és szemantikai ellenőrzés történik. A validációs hibák helyét a modellezőeszköz egyértelműen jelzi. Hibának számít például az, ha olyan ki- vagy bemeneti eseményt írtunk az állapotok közti élekre, amelyet semelyik interfésznél nem definiáltunk, vagy ha olyan állapot szerepel a modellben, amely egyik állapotból sem érhető el, stb.

### Szimuláció

Az elkészített állapotgépet szimulálhatjuk is, így meggyőződhetünk annak helyes működéséről. A szimuláció során egy külön nézetben válthatjuk ki a különböző bemeneti eseményeket, illetve módosíthatjuk a változók aktuális értékeit, hogy megvizsgáljuk, a modellünk ezekre a változtatásokra hogyan reagál. A futtatás során a modellezőeszköz az aktív állapoto(ka)t kiemeli (összetett, egymásba ágyazott állapotok esetén a legmagasabbtól egészen a legmélyebb szintig).

### Kódgenerálás

A Yakindu az állapotgép-modellből különböző programozási nyelvekre (C, C++, Java) képes az állapotgéppel megegyező működésű forráskódot előállítani. Ez a kódgenerálás a modell elmentésekor azonnal megtörténik.[[10]](#footnote-10) A szakdolgozatban a Java-kód előállítására fogunk koncentrálni.

A kódgenerálás során a modellből egy olyan Java-osztály keletkezik, amely a modellben specifikáltaknak megfelelően reagál a külső bemeneti eseményekre (így ez az osztály Java-kódra leképezve értelemszerűen tartalmazza a felhasználó által definiált változókat, eseményeket (amelyekből metódusok keletkeznek), állapot-átmenetet jelentő őrfeltételeket, stb.). Egy célalkalmazás elkészítésekor a programozónak elegendő ezt az automatikusan létrejövő kódot meghívnia, az állapotgép-modell működésének implementációs részleteivel nem kell foglalkoznia.

A Yakindu kódgenerálási szolgáltatása a viselkedésmodellek dinamikus futtatása, tesztelése (lásd 2.5.2 szakasz) során kiemelt jelentőségű lesz, hiszen a házi feladatok kiértékelése a hallgató által elkészített állapotgép viselkedését is szeretnénk kódból ellenőrizni.

A szakdolgozat témáját képező ellenőrzési feladat szempontjából kiemelt jelentőségű a Yakindu kódgenerálási szolgáltatása.

## Viselkedésmodellek analízise

A viselkedésmodellek analízise során statikus (futtatás nélküli) és dinamikus (a működést végrehajtó) elemzési módszereket alkalmazunk. Ezeknek a célja a potenciális hibák keresése, illetve a szolgáltatásbiztonsági kritériumok igazolása, valamint különböző jellemzők (pl. ütemezés) számítása, tervezése.[[11]](#footnote-11)

### Statikus ellenőrzés

A statikus elemzés alatt felületes, futtatás nélküli ellenőrzési módszereket értünk. Ezek során alapvető szabályok betartását és a modell strukturális helyességét vizsgáljuk (ezekhez nem is szükséges a futtatás). A szabályok köre vonatkozhat például szintaktikai előírásokra (pl. egy változó deklarálásának és definíciójának helyes megadása a modellezőeszközben), tervezési elvekre (pl. a modell nem tartalmaz-e tiltott elemet), és számos egyéb szempontra. A strukturális helyesség vonatkozhat például a modellben definiált csomópontok elérhetőségére (nem tartalmaz-e olyan csomópontot a modell, amelyhez semmilyen élen nem lehet eljutni), hiányzó kezdőállapotra, holtpont potenciális kialakulására, stb. Az ellenőrzés formális állítások bizonyításával történik.

### Dinamikus vizsgálat

A dinamikus ellenőrzések során a modell működését végrehajtva végzünk különböző elemzéseket. A vizsgálat tesztesetek alapján, tehát szúrópróbaszerűen (pl. szimulációval), vagy kimerítő állapottér-bejárási módszerekkel történhet (ezekre különböző modellellenőrző eszközök alkalmasak).

# A feladatok azonosítása

A hallgatók által beadott házi feladatok ellenőrzéséhez definiálnunk kell a teendőket. Alapvetően két nagyobb részfeladatra oszlik az értékelés, először azt szeretnénk ellenőrizni, hogy bizonyos szabályoknak megfelel-e az elkészített állapotgép, másodszor pedig azt, hogy az elvártak szerint viselkedik-e, vagyis statikus és dinamikus ellenőrzési módszereket is alkalmazunk az automatizált ellenőrzés során.

## Statikus ellenőrzés

A hallgatónak az állapotgép elkészítésekor be kell tartania bizonyos alapvető szabályokat, különben a házi feladata eleve nem fogadható el. A szabályok betartásának ellenőrzése tehát egy előzetes szűrő, ha ezeket a szabályokat az illető valahol megsértette, akkor már nem is érdemes tovább vizsgálódni.

Az alapvető szabályok:

* Az interfészdefiníciók tartalmazzák az általunk elvártakat.
  + A feladat kiadásakor a tanszéki munkatársak előre el fogják készíteni az interfészdefiníciókat, tehát erről a rendelkezésünkre fog állni egy referencia, amely az állapotgép elkészítéséhez szükséges minimális „keretet” tartalmazza. Az ellenőrzés során azt kell ellenőriznünk, hogy a referenciában szereplő interfészek, illetve az azokon belüli változók, események és akciók a hallgató által beadott modellben is szerepelnek-e. Amennyiben a hallgató ezeket átnevezi vagy törli, akkor ezt a szabályt megsérti, így a feladata nem fogadható el.
  + Ugyanez vonatkozik a modell nevére is (ez is az interfészdefinícióért felelős felületen adható meg), azt sem szabad megváltoztatni. Amennyiben a hallgató mégis megteszi, az hibához vezet, és az elkészített modellből nem generálható Java-forráskód[[12]](#footnote-12) – ezt az Eclipse fejlesztőkörnyezet egyértelműen jelzi is –, amiből következően a tesztek sem fognak később lefutni, így értelemszerűen ez a megoldás sem fogadható el.
  + Az interfészek szükség esetén saját változókkal, eseményekkel vagy akciókkal kiegészíthetők, a speciális internal interfésznél például belső használatú, lokális változók használatára szükség is lesz a modell helyes működéséhez, az alapvető váznak azonban minden elemére szükség van.
* Az állapotgép ne tartalmazzon tiltott elemet.
  + A Yakindu olyan modellek elkészítésére is alkalmas, amelyek a Rendszermodellezés c. tárgy házi feladatainak hatókörén kívül esnek, az itt elkészítendő állapotgépek szempontjából a használatuk értelmetlen, sőt, az itt elvárt működést elronthatja, így azok alkalmazása a hallgató számára nem is megengedett. Ezek a nyelvi elemek a következők:
    - always trigger
      * Ez egy olyan esemény, amely egy adott órajelen üzemelő rendszer esetén mindig végrehajtódik (mintha a belépési őrfeltétel mindig igaz lenne), így minden cikluslépésben engedélyezhet egy adott reakciót. Mivel egy rendszer órajelének frekvenciája tetszőleges lehet, és a Rendszermodellezés házi feladatok esetén nincs meghatározott órajel fogalom, a szimuláció és a tesztelési esetek lefuttatása során ezek használata hibás működést eredményezne.
    - oncycle trigger
      * Működése az always kulcsszóval ekvivalens.
    - olyan állapotátmenet, amelyhez nem tartozik kiváltó esemény
      * A Yakindu ezt is ugyanúgy értelmezi, mintha az always vagy oncycle kulcsszót használnánk.

A szabályok listája később a felmerülő igények szerint bővülhet.

## Dinamikus ellenőrzés, a viselkedés tesztelése

A dinamikus ellenőrzés során a hallgató által beadott modell működését tesztesetek segítségével vizsgáljuk. Ehhez a JUnit tesztfuttató keretrendszert[[13]](#footnote-13) fogjuk használni.

A vizsgálat során azt szeretnénk ellenőrizni, hogy az állapotgép az általunk meghatározott követelmények szerint, helyesen viselkedik-e. Ehhez megvizsgáljuk, hogy adott tesztbemenetekre a hallgató által elkészített modell az általunk elvárt módon reagál-e, tehát adott bemeneti események hatására az elvárt (a feladatleírásban előre specifikált) kimenetet produkálja-e.

Ezt a modellből legenerált Java-kód meghívásával fogjuk vizsgálni, tesztelés alapú ellenőrzéssel, egy előre elkészített tesztkészlet segítségével. Ezt a tesztkészletet a Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék munkatársai készítik el, mindig az aktuális feladat-specifikáció alapján. A szakdolgozat kapcsán elkészítendő programnak ez nem része, a feladatom ezeknek a teszteseteknek az automatizált lefuttatása és kiértékelése, majd az eredmények összefoglalása.

# A feladatok megvalósításának menete

## A modellek elkészítéséhez rendelkezésre bocsátott eszközök

A feladat megoldásához minden egyes hallgató kap egy, a tanszék által előre elkészített, Eclipse fejlesztőkörnyezetbe importálható projektvázlatot. Ez egy Java-projekt, amely a következő releváns elemeket tartalmazza:

* Egy kezdetleges Yakindu-modell (egy .sct kiterjesztésű fájl) az előre definiált interfészekkel.
  + A hallgatónak kizárólag ezt a fájlt kell módosítania úgy, hogy a modellje a specifikációnak megfeleljen. Ezután ezt az egy fájlt kell a hivatalos tanszéki portálra kell feltöltenie.
* A Yakindu kódgenerálásért felelős fájlja (egy .sgen kiterjesztésű fájl).
  + Ez a fájl határozza meg – egyebek mellett[[14]](#footnote-14) – a generált kód célkönyvtárát.
* A modell működésének teszteléséért felelős fájlok.
  + Ezek a JUnit-tesztek a hallgató számára is elérhetőek, így a feladatbeadás előtt meg tud győződni róla, hogy a megoldása az elvártak szerint működik-e.
* Opcionálisan a projektváz tartalmazhat egy konkrét – grafikus – alkalmazást is, amely a feladatspecifikációhoz közvetlenül kapcsolódik, és helyes működés esetén a modell legenerált kódját meghívva szemlélteti annak működését.
  + Adott esetben az alkalmazás kipróbálása során tapasztalt anomáliákból is lehet következtetni a problémák potenciális forrására.
  + Ez azonban az automatizált ellenőrzésben semmilyen szerepet nem fog játszani! Csupán segíti a hallgatót abban, hogy megértse, hogy egy ilyen modellezőeszköz, amely forráskódot is generál – és így maga a modellvezérelt fejlesztési paradigma –, egy konkrét szoftver elkészítésének folyamatát milyen módon támogathatja, valamint ennek segítségével kipróbálhatja, hogy az általa elkészített modell az elvártak szerint működik-e.

## A Rendszermodellezés c. tárgy hallgatóinak házi feladata

A Rendszermodellezés c. tárgy keretében a hallgatók házi feladata az aktuális félévben kiírt specifikációnak megfelelő viselkedésmodell elkészítése a Yakindu modellezőeszközben, majd az elkészített állapotgépmodell egyetlen .sct kiterjesztésű fájljának feltöltése a hivatalos tanszéki beadóportálra. Az elkészítéshez a 4.1 szakaszban ismertetett eszközök állnak a hallgatók rendelkezésére.

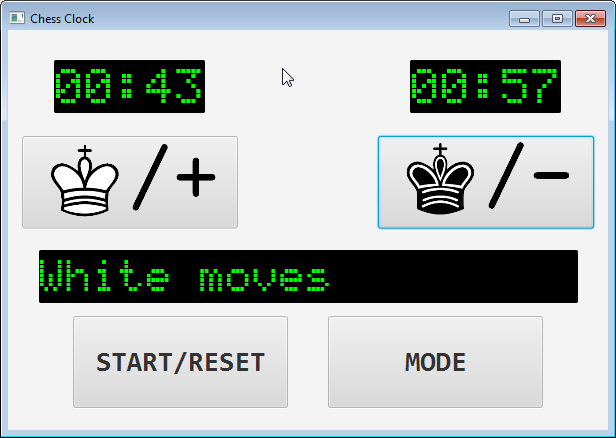
A szakdolgozat témáját képező feladatok könnyebb megértése érdekében érdemes az egészet egy konkrét példán bemutatni.

### Egy konkrét specifikáció

A tárgy 2015. tavaszi félévében a házi feladat az volt, hogy a hallgatók egy digitális sakkóra vezérlőjének modelljét készítsék el a Yakindu modellezőeszközben. A sakkóra a játszmában résztvevő felek gondolkodási idejét szabja meg, illetve kijelzi az adott játékos számára rendelkezésre álló hátralévő időt. Az idő lejárta előtt az aktuális játékosnak az adott körben a sakklépések megtétele után az óra megfelelő gombjának lenyomásával jeleznie kell a kör végét. Ekkor az ő gondolkodási idejének csökkenése megáll, és egy – beállítástól függő – előre rögzített mennyiségű jutalomidővel megnő a hátralévő idő értéke. A másik játékos hátralévő ideje ekkor azonnal elkezd fogyni (hiszen az ő köre következik). Ha egy adott játékos ideje lejár, elveszíti a partit, az óra ezt sípszóval jelzi. A sípszó minden kör kezdetén is elhangzik, így figyelmeztetve a játékost az idő visszaszámlálásának megkezdésére.

A sakkórán különböző gombok találhatóak: egy a játék indítására, illetve annak újrakezdésére, egy a beállítási módok változtatására, illetve van egy-egy játékoshoz tartozó további gomb, amellyel az aktuális kör leállítható (attól függően, ki van épp soron), illetve megfelelő beállítási mód esetén a kezdeti vagy maximális idő, illetve jutalomidő is növelhető vagy csökkenthető vele.

A cél az 1. ábra grafikus felületéhez tartozó állapotgépmodell elkészítése.



1. ábra: A 2015. tavaszi féléves házi feladathoz tartozó grafikus felület

## Az elkészített modell ellenőrzéséhez tartozó architektúra

A hallgatók által elkészített modellek automatizált ellenőrzésére Eclipse fejlesztőkörnyezethez készített beépülő modulok fognak szolgálni. Ezek a plug-inek a fejlesztőkörnyezet adottságainak kihasználásával biztosítják a tanszéki munkatársak számára a tömeges ellenőrzések hatékonnyá tételét, az adott esetben rendkívül időigényes és ismétlődő munkafolyamatok automatizálását, az eleve rossz megoldások kiszűrésére vonatkozó ellenőrzési folyamat vezérlését, lehetőleg minél kevesebb manuális beavatkozással. Mivel az esetek többségében – leszámítva a szorgalmi házi feladatokat – többszáz hallgató házi feladatát kell ellenőrizni, ez komoly terhet vehet le az oktatók válláról.

### Előfeltételezések az infrastruktúrával kapcsolatban

A szakdolgokat keretében elkészítendő beépülő modulok fejlesztésekor és az ellenőrzési folyamat futtatásakor élhetünk néhány olyan egyezményes előfeltételezéssel, amelyek a szóbanforgó program hatáskörén kívül esnek, és amelyek vizsgálatával vagy elkészítésével nem kell foglalkozni, mert azokat a tanszék számára mások biztosítják. Ezek olyan, a plug-inek fejlesztésekor eleve feltételezett adottságok, melyek hiányában előfordulhat olyan eset, hogy az automatizált ellenőrzési folyamat helytelenül vagy egyáltalán nem működik. Még ha a potenciális alapvető hibák kezelésének egy részét meg is valósítottam, értelemszerűen számtalan olyan eset létezhet, amely adott körülmények között anomáliákhoz vezet, és amelyek felismerése nem is a feladat része.

Az előfeltételek és adottságok megismerése az infrastruktúra megértéséhez is hozzájárul, így érdemes megismerkedni velük. Ezek a következők:

* Az ellenőrzések futtatásához elvárjuk, hogy a használt operációs rendszeren a Java futtatókörnyezet (Java Runtime Environment, JRE) vagy a Java fejlesztési környezet (Java Development Kit, JDK) minimum 1.8-as – stabil – változata telepítve legyen, és az Eclipse ennek megfelelően legyen konfigurálva.[[15]](#footnote-15)
* Az ellenőrzési folyamat vezérlését végző munkatárs a műveletet egy jól működő, a Yakindu beépülőivel és egyéb, a fejlesztett plug-in függőségei között feltüntetett beépülőkkel kiegészített Eclipse-példányban végzi.
* Minden hallgatóhoz egy-egy komplett Java-projektváz tartozik, amelyek részei a 4.1 szakaszban kerültek ismertetésre. Az automatizált ellenőrzési folyamathoz felhasznált projektvázak a hallgatóknak kiadott változatokkal nagyrészt megegyeznek – a hallgatók megoldásait a folyamat elején még ezek sem tartalmazzák –, annyiból azonban eltérhetnek, hogy a még alaposabb vizsgálat érdekében újabb tesztesetek is definiálhatóak bennük (olyanok is, amelyeket a tanulók nem érhetnek el).
  + Feltételezzük, hogy az összes ellenőrizendő hallgatóhoz tartozó projektváz az Eclipse aktuális munkaterületén (workspace) jelen van (tehát ezek korábban importálásra kerültek).
  + Feltételezzük a projektváz korábban említett állományainak meglétét és a forráskódok – a Java-fájlok, valamint a Yakindu forráskód-generálásért felelős fájlja – szintaktikai hibamentességét.
  + Feltesszük, hogy a tanszék munkatársai által készített tesztesetek hibamentesek, és amennyiben a hallgató valószínűsíthetően helyes modellt készített el, akkor a tesztek is helyesnek fogják ítélni a megoldást.
  + Az Eclipse-projekt nevének kötelező tartalmaznia a hallgató Neptun-kódját. Az elnevezési séma a következő:
    - hu.bme.mit.inf.symod.<NEPTUN>.homework
      * ahol a <NEPTUN> karaktersorozat értelemszerűen a hallgató Neptun-kódjával egyezik meg.[[16]](#footnote-16)
      * Minden olyan projekt, amelynek neve ettől az elnevezési sémától eltér, ignorálásra kerül az automatizált ellenőrzések során, hiába van jelen az Eclipse munkaterületén. Ez a szigorú megkötés azt kívánja elősegíteni, hogy véletlenül se próbáljunk olyan projektekre ellenőrzéseket végrehajtani, amelyek az aktuális munkaterületen ugyan jelen vannak, de nagy valószínűséggel nem tartoznak a vizsgálandó projektek közé (értsd: nem hallgatói projektvázak).[[17]](#footnote-17)
    - Mivel a tanszéken a projektvázakat a hallgatók számára automatikusan generálják, azok eleve ezzel az elnevezési sémával készülnek, így ennek az előfeltételnek a biztosítása nem igényel emberi munkát.
* Feltételezzük, hogy az összes hallgatói projektváz fizikailag azonos könyvtárban található.
* Feltesszük, hogy a hallgatók által feltöltött Yakindu-modellek (egy-egy .sct kiterjesztésű fájl) ugyanabban a könyvtárban találhatóak (ömlesztve), ahol a projektvázak könyvtárai is.
  + Ezeket a fájlokat fogjuk átmásolni a hallgatók számára létrehozott egy-egy projektvázba, felülírva az ott szereplő kezdeti (helyőrző) állapotgép­modellt, amelyről említést tettünk a 4.1 szakaszban, majd ezt fogjuk ellenőrizni a korábban említett statikus és dinamikus módszerekkel.
  + A hallgató által feltöltött modellfájlnak kötelező tartalmaznia a hallgató Neptun-kódját, vagyis egy-egy vizsgálandó fájl a következő elnevezési sémára illeszkedik:
    - <NEPTUN>.sct
      * ahol a <NEPTUN> a hallgató Neptun-kódja.
    - A tanszéki infrastruktúra ezt is automatikusan biztosítja (a tanszéki portálról eleve ilyen formátumban tölthetőek le a megoldások), így ennek az elvárásnak a teljesítése sem igényel külön emberi erőfeszítést.
  + Mivel egy hallgató a megoldását a határidő lejártáig többször is feltöltheti, feltesszük, hogy ebben a könyvtárban az ellenőrzés végrehajtásakor mindig az általa feltöltött legfrissebb megoldás szerepel.
  + Fontos azonban, hogy az elkészítendő program része annak ellenőrzése, hogy a hallgató egyáltalán feltöltött-e megoldást, majd annak esetleges hiányát egyértelműen jelezni! Amennyiben a hallgatóhoz tartozó .sct-fájl ebben a könyvtárban nincs jelen, akkor az elkészítendő szoftver feltételezi, hogy a hallgató egyáltalán nem töltött fel megoldást.
* Előfeltétel az is, hogy a hallgatók által feltöltött fájlokat tartalmazó könyvtárban szerepeljen egy referenciául szolgáló Yakindu-fájl is (REFERENCE.sct néven), amely az alapvető interfészdefiníciókat, ki- vagy bemeneti eseményeket, változókat, akciókat tartalmazza, amelyek megléte a hallgatók által feltöltött Yakindu-fájlok interfészdefinícióiban is minimálisan elvárt ahhoz, hogy az elkészített megoldás elfogadható legyen. A hallgató megoldásában szereplő interfészeket tehát ezzel a referenciamodellel fogjuk összehasonlítani.
  + A modellben csupán a szöveges szintaxisú interfész-leírások elvárt elemei kerülnek ellenőrzésre, az állapotgép konkrét megvalósítása nem, hiszen adott működésű állapotgép megvalósítására számos helyes megoldás létezhet.
  + A lokális használatú, kívülről nem elérhető elemeket tartalmazó, speciális internal nevű interfészben definiált eseményekkel, változókkal, akciókkal az ellenőrzésnek ezen a pontján nem foglalkozunk, a kötelező referenciainterfésznek ezek nem is részei, itt csak az állapotgép külvilággal való kommunikációját lehetővé tévő interfészek és azok elemei az érdekesek.
  + A hallgató az egyes interfészeket szükség esetén tetszőlegesen bővítheti, mert belső változókat is itt vehet fel, de vannak olyan kötelező modellelemek, amelyek hiányában például a JUnit-tesztek egy része eleve hibát fog jelezni, vagy adott esetben fordítási idejű hiba is keletkezhet a kódgenerálás során. Ilyenkor a megoldás eleve nem fogadható el, de szeretnénk a hibásnak minősített házi feladatok esetén a problémák forrásairól minél részletesebb információt kapni, ezért szükséges egy előzetes ellenőrzés arra vonatkozóan, hogy nem elvárt elemeket hagyott-e ki a hallgató.
  + A referenciamodellt a tanszéki munkatársak készítik el az aktuális feladatspecifikáció alapján.

TODO: „áttekintő ábra egyetlen hallgató ellenőrzésének bemeneteiről, kimeneteiről, ill. hogy ezeket ki gyártja”

### Korlátok

A szakdolgozat keretében megvalósított beépülők működéséhez az Eclipse grafikus felületére mindenképpen szükség van, mert a Yakindu függőségei között szerepelnek olyan plug-inek, amelyek a felhasználói felület jelenlétét feltételezik[[18]](#footnote-18), és ez a korlátozás sajnos – egyelőre – nem feloldható[[19]](#footnote-19). Ebből következően az automatizált ellenőrzés grafikus felület nélküli (ún. headless) módban nem futtatható (pl. terminálból).

## A megvalósításért felelős Eclipse-bővítmények részletes feladatai

A szakdolgozat témája kapcsán elkészítendő Eclipse plug-inek feladata a következő:

* Az Eclipse grafikus felületén az ellenőrzési folyamat elindítására szolgáló gombok és menüpontok megjelenítése.
  + Az összes hallgató feladatának ellenőrzésére egy eszköztárra helyezhető gomb, illetve egy saját új menüben elhelyezett külön menüpont fog szolgálni.
  + A cél a minél szélesebb körű tesztelhetőség lehetővé tétele, így biztosítani kell azt is, hogy az ellenőrzések akár csak egyetlen projektre, vagy akár több, a folyamatot vezérlő felhasználó által kiválasztott projektre is lefuttathatóak legyenek – és így adott esetben ne kelljen megvárni az összes hallgatóhoz tartozó ellenőrzési folyamat lefutását (ami többszáz hallgató esetén relatíve sokáig tarthat, szemben egy vagy néhány kiválasztott projekthez tartozó futási idővel).
* Az Eclipse aktív munkaterületén (workspace) lévő projektek build-folyamatának[[20]](#footnote-20) elindítása kódból.
  + Ennek során a Yakindu – beépülve az Eclipse build-folyamatába – a kódgenerálásért felelős .sgen kiterjesztésű fájl és az .sct kiterjesztésű modellfájl alapján legenerálja a modell megfelelő működéséért felelős Java-forrásfájlokat, majd ezeknek és a projektben lévő összes további lefordítandó állománynak megtörténik a futtatókörnyezet által elfogadható, futtatható formátumba történő átalakítása. Így a projektek fájljainak aktuális változata később az automatizált ellenőrzési folyamat során futtatható lesz.
    - TODO: ezt picit értelmesebbre átfogalmazni
  + A build-folyamat időigényes, annak befejeződéséig azonban a további ellenőrzési műveletek nem kezdhetőek el, mert ebben az esetben előfordulhatna olyan eset, hogy úgy szeretnénk futtatni a projektben az érintett Java-fájlokat, hogy a futtatható állományok még egyáltalán nem vagy csak részben készültek el (vagy azoknak egy korábbi, nem aktualizált változata található a projekt futtatható állományokat tartalmazó könyvtárában). Ez az ellenőrzési folyamat során hibához vezetne (olyan állományok meglétét feltételeznénk, amelyek még nem készültek el), ezért a build-folyamat végét meg kell várni[[21]](#footnote-21), és csak a művelet végén folytatni a további lépéseket.
* Az ellenőrzésre kiválasztott projektek közül[[22]](#footnote-22) a folyamat elkezdése előtt ki kell gyűjteni azokat a projekteket, amelyek neve a 4.3.1 szakaszban említett elnevezési sémára illeszkedik, és csak ezekre szabad végrehajtani a vizsgálatokat.
* A hallgatók által beadott Yakindu-fájlokat egyenként be kell másolni az adott hallgatóhoz tartozó Java-projektvázba, felülírva az ott lévő kezdetleges modellt (amit a tanuló is megkapott a feladata elkezdéséhez).
* A statikus ellenőrzés részeként a plug-innek meg kell vizsgálnia, hogy a beadott modell nem tartalmaz-e tiltott elemet (lásd 3.1. szakasz).
* Azt is ellenőriznie kell – szintén a statikus vizsgálat részeként –, hogy a referenciaként szolgáló modellel összehasonlítva a hallgató által elkészített megoldásból nem hiányoznak-e az általunk kötelezően elvárt elemek.
* A beépülő modulnak meg kell vizsgálnia, hogy az Eclipse az adott projektre vonatkozóan nem jelez-e fordítási idejű hibát. Ha igen, a hibaüzeneteket össze kell gyűjtenie, és hibásnak minősíteni a megoldást.
* A dinamikus ellenőrzés részeként le kell futtatni a projekthez tartozó JUnit-teszteket, így megvizsgálva a modell elvárt viselkedését. Itt azt nézzük meg, hogy a modell bizonyos bemenetekre az általunk meghatározott módon reagál-e (pl. adott kimenetet produkál-e).
* A vizsgálatok végén összegezni kell az eredményeket. Az összegzés egy CSV-fájlba kerül[[23]](#footnote-23), és minden egyes hallgató eredményét tartalmazni fogja, az esetleges hibákról pedig részletes információ lesz az adott oszlopban.
  + TODO: „A CSV-fájl utófeldolgozásra alkalmas formátum, a további lépések (amelyeket vázlatosan áttekintesz) azonban már nem a te szoftvered hatáskörébe tartoznak”
* Az automatizált ellenőrzés folyamatának haladásáról szeretnénk visszajelzést kapni a grafikus felületen, ezért az Eclipse által biztosított eszközök segítségével folyamatjelzőt kell biztosítani a felhasználó számára.

TODO: egy áttekintő munkafolyamat-ábra!

## Az elkészített Eclipse-bővítmények struktúrája

A plug-inek elkészítésekor a megoldás rugalmassága és áttekinthetősége érdekében szétválasztottam a felhasználói felülethez kötődő és a feldolgozásért felelős részeket, így az automatizált ellenőrzés megvalósítása két különálló plug-inbe (és így két különböző Eclipse-projektbe) került. Ezek a következők[[24]](#footnote-24):

1. hu.bme.mit.inf.symod.scverif.processing

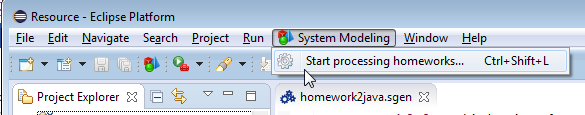
A plug-in a különböző feldolgozásért felelős részeket valósítja meg. Pontos feladatai a következők:

* az Eclipse munkaterületén lévő projektek megvizsgálása, a 4.3.1. szakaszban említett elnevezési sémára illeszkedő projektek kiválasztása
* az Eclipse build-folyamatának elindítása
* az ellenőrizendő projektvázakba a hallgatói megoldás bemásolása
* a modell statikus és dinamikus ellenőrzése
* az összegzést tartalmazó CSV-fájl elkészítése
* folyamatjelző megvalósítása
  + Az automatizált ellenőrzés folyamatáról ad tájékoztatást. Egy folyamatsáv jelzi a felhasználónak, hogy a művelet épp hol tart, illetve egy informatív üzenet jelenik meg az aktuálisan feldolgozás alatt lévő projektről.
  + A megvalósításhoz az Eclipse Job[[25]](#footnote-25) nevű absztrakt osztályának egy leszármazottját, illetve az IProgressMonitor[[26]](#footnote-26) interfész egy megvalósítását használtam fel.
  + Habár a folyamatjelző alapvetően felhasználói felülethez kötődő elem, az itt alkalmazott megoldás grafikus felhasználói felülethez nem kötődik, a megvalósítás elég általános (adott esetben a tájékoztatást adó folyamatjelző akár egy konzolos felületen is megjelenhetne), a konkrét megjelenítést az Eclipse intézi el, ezért maradhatott ez a rész ebben a plug-inben, és nem került át az elsősorban grafikus megjelenítéshez kötődő projektbe.
* naplózás
  + A feldolgozás során minden lényeges információt naplózunk (pl. az aktuális folyamatban épp mi történik, az épp ellenőrzött projekt feldolgozása során miket tapasztaltunk, az ellenőrzési művelet mennyi időt vett igénybe, stb.). Ennek során mind a konzolra, mind egy naplófájlba kiírásra kerülnek a tudnivalók.

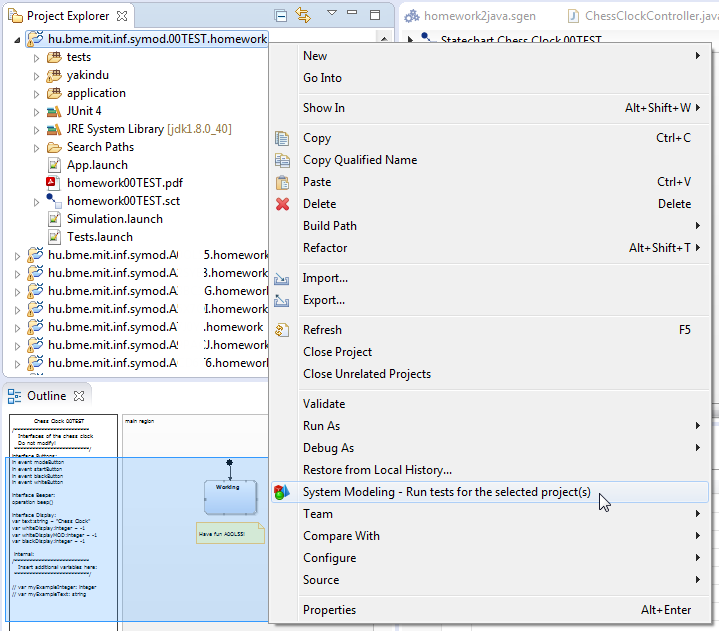
1. hu.bme.mit.inf.symod.scverif.ui

Ez az Eclipse-beépülő a felhasználói felülethez (user interface, UI) kötődő részeket valósítja meg, és a felhasználó utasítására elindítja az ellenőrzéseket:

* Az Eclipse UI kiterjesztési pontjaihoz kapcsolódva új elemeket regisztrál a felhasználói felületen, amelyek mind egyedi ikonnal vannak ellátva az egyértelmű megkülönböztethetőség érdekében.
  + az eszköztáron új gombot definiál
    - az erre való kattintáskor elindul az összes projekt ellenőrzése
    - erre a 2. ábrán láthatunk példát
  + létrehoz egy új főmenüt
  + az új főmenün belül egy új menüpontot jelenít meg
    - ez is az összes projekt ellenőrzésének elindítására szolgál
    - a 2. ábra mutat erre példát
  + a projektek környezeti menüjében (ez többek közt jobb egérgombbal hívható elő) is egy új menüpontot hoz létre, ezzel az adott projektre, illetve akár több kiválasztott projektre elindítható az ellenőrzés (de nem az összesre)
    - konkrét megjelenés a 3. ábrán látható
  + az .sct kiterjesztésű fájlok környezeti menüjéhez is hozzáad egy új menüpontot, amelynek segítségével a modell statikus ellenőrzése indítható
* Kezeli a gombok megnyomásáról, illetve a menüpontokra való kattintásról szóló eseményt, és elindítja a gombhoz vagy menüponthoz tartozó megfelelő műveletet.
* Mivel ez a plug-in a feldolgozásnak csupán a grafikus felületről történő elindításáért felel, a konkrét ellenőrzéshez tartozó megvalósítási részleteket nem tartalmazza, ahhoz a feldolgozásért felelős plug-in osztályaira van szükség, ezért a beépülő modul függőségei között szerepel a hu.bme.mit.inf.symod.scverif.processing plug-in is.
* Ez a plug-in egy olyan futtatási konfigurációt leíró XML-fájlt is tartalmaz, amellyel az említett plug-ineket tartalmazó Eclipse-példány elindítható. (Lásd alább.)



2. ábra: Az új menüpont, illetve az eszköztáron elhelyezett új gomb



3. ábra: A kiválasztott projektek környezeti menüjében megjelenő új menüpont a projektek ellenőrzésének indítására[[27]](#footnote-27)

Ahhoz, hogy az általam definiált felületi elemek megjelenjenek, és a feldolgozás ezek használatával elindítható legyen, egy olyan Eclipse-példányra van szükség, amely az elkészített plug-ineket és azok függőségeit is tartalmazza, inicializálja, a felülethez hozzáadja az általam meghatározott menüpontokat és gombokat, valamint beregisztrálja az ezekhez tartozó eseménykezelőket. Egy ilyen Eclipse-példány indítására több lehetőség is van.[[28]](#footnote-28) A szakdolgozat keretében készített alkalmazás fejlesztésekor és tesztelésekor azt a megoldást választottam – és ez a módszer az éles tesztek futtatása során is bevált –, hogy egy futó Eclipse-ből indítok el egy másik Eclipse alkalmazást, amely az említett plug-ineket tartalmazza. Ehhez egy .launch kiterjesztésű futtatási konfigurációra van szükség[[29]](#footnote-29). Ez egy olyan XML-állomány, amely a futtatáshoz szükséges összes paramétert tartalmazza, és opcionális paraméterekkel bővíthető. A legfontosabb paraméterek a következők:

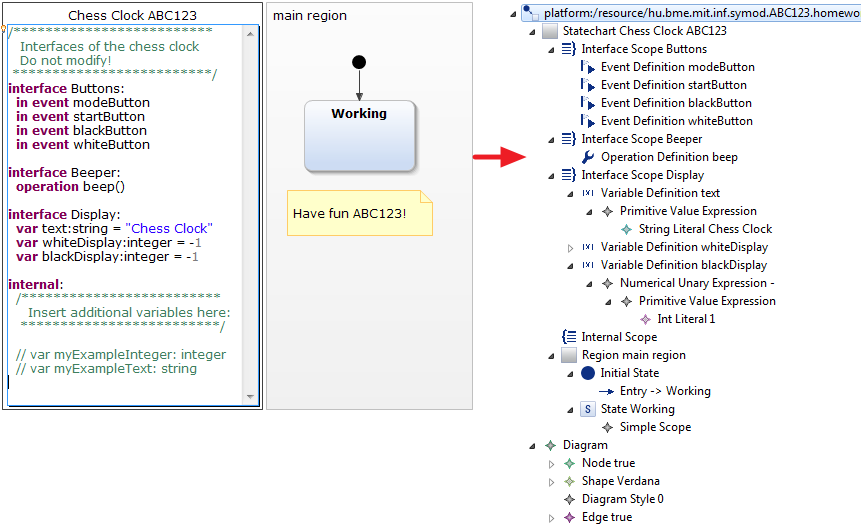
* az Eclipse mely munkaterületet (workspace) használja alapértelmezetten az indítás során
  + a jelenlegi beállítás szerint relatív útvonalakat használunk (így nem kötődik sem konkrét fájlrendszerhez, sem „bedrótozott” elérési úthoz), és a készített plug-inekkel azonos könyvtárban lévő munkaterületet használunk a feldolgozás során (ez egyébként az elindított Eclipse-példányban már igény esetén tetszőlegesen módosítható)
* a Java futtatókörnyezet melyik verzióját követeljük meg
  + mint a 4.3.1. szakaszban említettük, jelenleg az 1.8-as verzió a minimális elvárás
* hova naplózzon az alkalmazás
  + konzolra és naplófájlba is szeretnénk kiírni az üzeneteket

Ez a módszer – azaz hogy egy meglévő Eclipse-példányból indítunk egy újabbat a futtatási konfiguráció segítségével –főleg a fejlesztés során nyújt könnyen kezelhető megoldást, hiszen így az újonnan elindított Eclipse-példány mindig az éppen készített kódbázis legfrissebb változatát tartalmazza, nincs szükség ismétlődő és hosszadalmas exportálási műveletekre. Az éles ellenőrzések során is ezt a megoldást választottuk, mert ez a legbiztosabb módja annak, hogy az ellenőrzési műveletek pont ugyanolyan hibamentesek (például minden szükséges plug-int tartalmaznak, minden felületi elem helyesen megjelenik, nem keletkeznek nem várt kivételek, és így tovább), mint a fejlesztés során történő teszteléseknél.

## A statikus ellenőrzés megvalósítása

A Yakindu-modell összekötött objektumok gráfja, amit szabványosan az Eclipse Modeling Framework (EMF) technológiával valósítottak meg (lásd 2.3-as szakasz). A felhasználó által Yakinduban készített állapotgép tehát egy EMF-modellre képződik le. Az EMF-modell egyes elemei között hierarchikus kapcsolat van, így az fastruktúrában ábrázolható. A 4. ábrán egy egyszerű Yakindu-modell hierarchikus EMF-struktúrára való leképeződésének megjelenítésére láthatunk példát.

Az EMF[[30]](#footnote-30) és a Yakindu[[31]](#footnote-31) alkalmazásprogramozói interfészén (API) keresztül a modell bejárható, az elemekről a kapcsolódó információk (attribútumok – mint pl. az adott csomópont neve, amennyiben ez elérhető –, kapcsolódó gyermekelemek, szülőelem, stb.) lekérdezhetőek. A szakdolgozatban bemutatandó megoldásom ki fogja használni ezt a tényt a Yakindu-modell statikus ellenőrzése során, hiszen ennek segítségével a kitűzött célok (ld. 3.1. szakasz) kényelmesen megvalósíthatóak.



4. ábra: Egy egyszerű modell leképeződése EMF-struktúrára[[32]](#footnote-32)

A statikus ellenőrzés lépéseinek sorrendje a következő:

1. A referenciamodell betöltése, elemeinek kigyűjtése (ez a modell tartalmazza a kötelező interfészeket).
2. Az összes hallgatótól származó Yakindu-modell egyenként történő vizsgálata (ciklikusan lépkedünk végig az összes megoldáson):
   1. a hallgatótól származó modell betöltése, elemeinek kigyűjtése
   2. tiltott elemek keresése
   3. a modell interfészdefinícióinak összevetése a referenciainterfésszel, hiányzó elemek keresése.

Ha a modellben tiltott elemet találunk, vagy a kötelező interfészek, illetve azok elemei közül valamelyik hiányzik, akkor a megoldás nem fogadható el.

A referenciamodell és a hallgatói modell betöltése, illetve a tartalmazott elemek kigyűjtése is ugyanazzal a módszerrel történik. A megoldás során az EMF API adottságait használjuk ki. Az állományból az API segítségével EMF-erőforrás tölthető be[[33]](#footnote-33), amelynek tartalmából helyes forrásfájl esetén megkaphatjuk a konkrét Yakindu-modellt.[[34]](#footnote-34) Ezen a példánymodellen az EMF-én kívül már a Yakindu által definiált attribútumok és metódusok is elérhetőek.

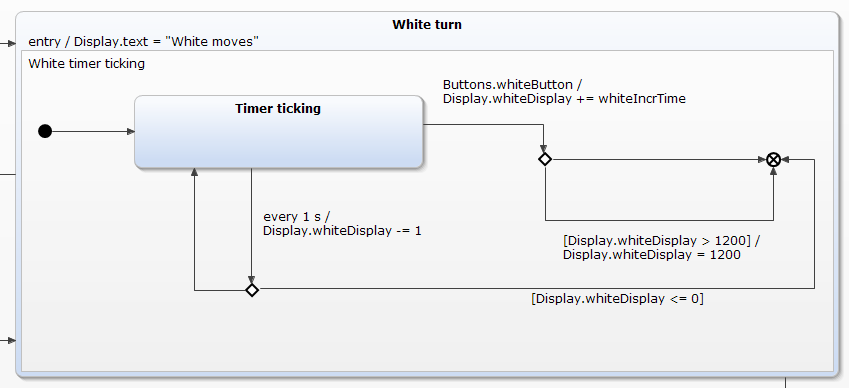
A modellek tartalmazási hierarchiája a betöltést követően az EMF API segítségével szabadon lekérdezhető és bejárható. A statikus ellenőrzés konkrét lépéseinek megvalósításához azonban a modell elemeit egy gyorsabban és kényelmesebben kezelhető struktúrába gyűjtöttem ki[[35]](#footnote-35), hogy a vizsgálat során éppen szükséges elemek könnyebben lekérdezhetőek legyenek: a modell bejárásakor a tartalmazott elemek egy olyan hasítótáblába kerülnek, amelyek kulcsai az állapotgép elemeinek általános típusai (konkrétabban pl. a régiók, állapotok, az őket összekötő élek, stb. Java-osztályait reprezentáló Class-objektumok), értékei pedig listák a típushoz tartozó elemek konkrét példányaiból. A pontos tárolási struktúra a következő: HashMap<Class<? extends EObject>, ArrayList<EObject>>. Az EObject osztály az EMF-modellekben egy általános „objektum” gyökérkomponens – hasonlóan a Java általános Object osztályához –, amely az Ecore modell összes egyéb összetevőjének őse. A Yakindu-modellben szereplő elemek ennek leszármazottai. A hasítótábla kulcsai pedig ezeknek a típusoknak a Java-osztályai. Ez a megvalósítás azért rugalmas, mert így nem szükséges saját elnevezésű kulcsokat tárolni a hasítótáblában az összes lekérdezni kívánt típushoz, hanem a Yakindu beépített osztályainak elnevezését tudjuk felhasználni a feladatra, és az alkalmazott megoldás a Yakindu elérhető elemeinek esetleges bővülésekor is használható lesz. (Például ehhez hasonló módon kérdezhetőek le a modellben lévő konkrét állapotok a hasítótáblából: modelElementsInAMap.get(State.class).)

Tehát például ha a modell állapot-csomópontjaira vagyunk kíváncsiak, akkor elegendő ezt a hasítótáblát az állapotokat megvalósító Java-osztály szerint lekérdezni, válaszul kapunk egy listát a konkrét állapotokról. Ugyanebből a hasítótáblából az interfészek elemei is lekérdezhetők, ez a struktúra tehát mindkét feladat megoldásában segítséget nyújt.

Az ellenőrzési folyamat során a referenciamodell elemeit egy ilyen struktúrába csak egyetlen alkalommal kell kigyűjteni, innentől kezdve ezt az objektumot használhatjuk a hallgatók megoldásaival való összehasonlításhoz. A projektek ciklikus feldolgozása során minden cikluslépésben egyszer be kell tölteni az aktuális hallgató modelljét is.

A tiltott elemek keresésekor azt szeretnénk ellenőrizni, hogy a hallgató a modellben nem használta-e az always vagy az oncycle kulcsszót, illetve azt, hogy nem szerepel-e benne olyan állapotátmenet, amelyhez nem tartozik kiváltó esemény. Ez utóbbi akkor fordulhat elő, ha a felhasználó az állapotok között húzott élre semmit nem írt. Ez egyetlen esetben fogadható el: ha az üresen hagyott él egy kezdőállapothoz vagy feltételes elágazáshoz tartozó ún. pszeudoállapotból indul ki. A kezdőállapotokból kiinduló éleken soha nem tüntetünk fel kiváltó okokat. A feltételes elágazásoknál azon az élen tüntetjük fel az őrfeltételt jelentő triggert, amelyen a feltétel teljesülni fog. Ahol viszont a feltétel hamis, ott nem kötelező triggert feltüntetni az állapotátmenetet jelentő élen. (A Yakinduban azonban van lehetőség rá, sőt, a modell áttekinthetősége érdekében érdemes is használni ezeket a kifejező triggereket: erre az adott élen elhelyezett default vagy else kulcsszavak alkalmazhatóak.)

Az 5. ábrán épp egy ilyen esetre láthatunk példát: habár itt két olyan állapotátmenetet jelentő él is van, amelyekhez nem tartozik explicit kiváltó esemény, a megoldás mégis elfogadható, mert ezek az élek a feltételes elágazásokhoz tartozó pszeudoállapotokból indulnak ki, és azokon az ágakon jellemzők, ahol az őrfeltétel éppen nem teljesül. (A megoldás egyébként beszédesebb lett volna, ha ezeken az ágakon a default kulcsszót használjuk.) Ez a 4.2.1. szakaszban említett sakkórás feladat egyik lehetséges megvalósításának kis részlete. A látható területen a sakkóra működése látható, miközben épp a fehér színű játékos köre következik. Itt például a Timer ticking nevű állapotból 1 másodpercenként a feltételes elágazáshoz szükséges pszeudoállapotba lépkedünk, csökkentjük eggyel a Display interfészben definiált whiteDisplay nevű változó értékét (ezt jelenti az every 1 s / Display.whiteDisplay -= 1 rész), majd ennek a változónak az értékét megvizsgáljuk, és amennyiben az 0-val egyenlő, vagy annál kisebb, akkor kilépünk a White turn nevű kompozit állapotból; egyébként pedig visszalépünk a Timer ticking állapotba (ezt egyértelműen jelzi a default kulcsszó használata is).



5. ábra: Példa olyan állapotátmenetekre, amelyhez nem tartozik kiváltó esemény, és a megoldás mégis elfogadható: a feltételes elágazások helyes használata

Mint a 3.1. szakaszban említettem, a Yakindu mindhárom tiltott esetet ekvivalens módon értelmezi, így a generált Java-kód mintha Mint először az említett struktúrából lekérdezzük a modellben szereplő összes állapotváltást jelentő triggert. Lehetséges olyan eset, amikor a felhasználó, így az állapotátmenethez nem tartozik explicit kiváltó esemény.

hallgató megoldásának referenciával való összehasonlításához és a tiltott elemek megkereséséhez előbb érdemes egy külön struktúrába hhoz, hogy a

TODO: interfészvizsgálat

TODO: tiltott triggerek szűrése

TODO: konkrét példák

## A dinamikus analízis megvalósítása

TODO: egyelőre csak Önlab-anyagból átemelve, deprecated

TODO: projekt buildelésének leírása

TODO: class loaderek, JUnit-teszteredmények összegyűjtése

TODO: konkrét példák tesztesetekre

Ehhez lesz egy előre definiált tesztkészletünk. Például ha X bemenetre Y kimenetet kaptunk, és ez is az elvárt, akkor továbbléphetünk a következő ellenőrizendő pontra, ha azonban nem kaptuk meg az elvárt kimenetet a próbálkozásokra, akkor valószínűleg rossz a megoldás.

Egy lehetséges módszer az, hogy valamelyik interfészben különböző operationöket (műveleteket) definiálunk, amelyekre feliratkozhatunk ún. callback-metódusokkal, amire lehetőséget biztosít a Yakindu: olyan kódot generál, ami ezt lehetővé teszi. Ennek segítségével a különböző definiált callback-ekben olyan műveleteket hajthatunk végre, amelyek teljesülésére a JUnit-tesztekben majd vizsgálódhatunk: legegyszerűbb példaként ha adott egy kimenet kiírásra került a parancssori kimenetre, és az az elvártaknak megfelelő érték, akkor az adott rész átment a teszten, tehát a feladatleírás adott részét teljesítettük. Ezt nyilván végig kell vizsgálni az összes elvárt inputra. Ez úgy lehetséges, hogy az adott tesztelés során „manuálisan” hívjuk meg az egyes állapotváltásra szolgáló metódusokat. Egy ilyen módszerre láthatunk példát a hivatalos dokumentáció „Integration with client code” című részében.

## Az eredmények összegzése

TODO: így és úgy néz ki az eredmények összefoglaló nézete, stb.

# A megoldások kiértékelése

TODO

* funkcionális:
  + integration test - kamu házi feladatok összerakása, amiben vagy van hiba, vagy nincs hiba, megnézzük, ezek hogy szerepelnek
  + kisebb unitok tesztelése - valamelyik függvényt unit teszteljük külön (nem csak az egész nagy modult)
* extrafunkcionális - itt teljesítmény a lényeges
  + ilyen és olyan típusú laptopon mondjuk 300 valódi házi feladat ellenőrzése lefutott ennyi és annyi idő alatt dinamikus vizsgálattal és minden egyébbel együtt (mesterséges példán itt nincs értelme lefuttatni)
  + ez alapján egy házi feladat ellenőrzése ennyi ideig tart (leosztjuk a lefutott esetek száma alapján)

# További célok

Annak érdekében, hogy a házi feladatok ellenőrzésének folyamata megbízhatóan működjön, a feladat még további alapos finomításra szorul. Alaposabb statikus ellenőrzésnek kell alávetni a modellt, és a viselkedés tesztelését is szofisztikáltabb módszerekkel kell megoldani.

Egy távlati lehetőség a szúrópróbaszerű tesztek helyett a viselkedés kimerítő vizsgálata lehetne, ún. formális módszerek alkalmazásával. Ez egy összetett feladat, és komoly kihívásokat rejt magában, de jóval megbízhatóbbá teheti az ellenőrzési procedúrát.

TODO?

# Összefoglalás

TODO: kb. múlt időbe tesszük a feladatkiírást (valósítsa meg az XY-t → megvalósítottam az XY-t)

# Ábrák jegyzéke

[1. ábra: A 2015. tavaszi féléves házi feladathoz tartozó grafikus felület 19](#_Toc420073279)

[2. ábra: Az új menüpont, illetve az eszköztáron elhelyezett új gomb 26](#_Toc420073280)

[3. ábra: A kiválasztott projektek környezeti menüjében megjelenő új menüpont a projektek ellenőrzésének indítására 27](#_Toc420073281)

[4. ábra: Egy egyszerű modell leképeződése EMF-struktúrára 29](#_Toc420073282)

# Táblázatok jegyzéke

**No table of figures entries found.**

# Irodalomjegyzék

1. Jeney Gábor, Hogyan néz ki egy igényes dokumentum? Néhány szóban az alapvető tipográﬁai szabályokról, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék, Budapest, 2007. május 9., online: <http://mcl.hu/~jeneyg/foliak.pdf>
2. William Strunk Jr., E. B. White, The Elements of Style, Fourth Edition, Longman, 4th edition, 1999.
3. Levendovszky, J., Jereb, L., Elek, Zs., Vesztergombi, Gy., Adaptive statistical algorithms in network reliability analysis, Performance Evaluation – Elsevier, Vol. 48, 2002, pp. 225-236
4. National Instruments, LabVIEW grafikus fejlesztői környezet leírása, <http://www.ni.com/> (2014. aug.)
5. Fowler, M., UML Distilled, 3rd edition, ISBN 0-321-19368-7, Addison-Wesley, 2004

# Függelék

TODO: A függelék szövege.

1. <http://www.eclipse.org/downloads/> [↑](#footnote-ref-1)
2. Ún. manifest-fájlok formájában – a kiterjesztési pontok felhasználásának és definíciójának leírása – és még számos egyéb információ deklarálása – is egy XML-formátumú plugin.xml nevű fájlban történik. [↑](#footnote-ref-2)
3. Ilyenre a későbbiekben fogunk is példát látni a szakdolgozatban. [↑](#footnote-ref-3)
4. Az exportált csomagok felsorolása, a plug-in működéséhez szükséges beépülők listája és sok egyéb információ deklarációja pedig a MANIFEST.MF nevű fájlban szerepel. [↑](#footnote-ref-4)
5. Yakindu Statechart Tools. <http://statecharts.org/> [↑](#footnote-ref-5)
6. <http://statecharts.org/download.html> [↑](#footnote-ref-6)
7. Ehhez segítséget szintén a letöltőoldalon kaphatunk. [↑](#footnote-ref-7)
8. Ehhez a Yakindu automatikus kiegészítési lehetőséget is kínál a gyorsabb szerkesztés érdekében, illetve szintaktika-kiemeléssel teszi átláthatóbbá a kódot. [↑](#footnote-ref-8)
9. [https://groups.google.com/forum/#!msg/yakindu-user/wgkUHokZDZ0/VOkBzhh\_T8EJ](https://groups.google.com/forum/) [↑](#footnote-ref-9)
10. A modell módosítását követő mentés után pedig a generált kód a változtatásoknak megfelelően automatikusan frissül. [↑](#footnote-ref-10)
11. <https://inf.mit.bme.hu/sites/default/files/materials/category/kateg%C3%B3ria/oktat%C3%A1s/bsc-t%C3%A1rgyak/rendszermodellez%C3%A9s/14/modellellenorzes.pdf> [↑](#footnote-ref-11)
12. Ez esetben ugyanis a kódgenerálásért felelős fájl olyan modellnévre hivatkozik, amely nem létezik, hiszen a hallgató megváltoztatta az eredeti nevet. [↑](#footnote-ref-12)
13. JUnit: <http://junit.org/>. [↑](#footnote-ref-13)
14. Például itt arra is tudjuk utasítani a Yakindut, hogy az alapvető működéshez szükséges osztályokon kívül generáljon nekünk egy időzítőszolgáltatásért felelős Java-osztályt is – ez időhöz kötött állapot-átmenetek használata esetén (pl. 1 másodperc múlva kerüljön egy másik állapotba) hasznos lehet, hiszen így a modell megfelelő működéséért felelős időkezelés implementációjával sem kell foglalkoznunk. [↑](#footnote-ref-14)
15. A fejlesztett plug-inek függőségei között is szerepel ez a követelmény, így ha ez nem teljesül, arra a futtatási kísérlet során az Eclipse is felhívja a felhasználó figyelmét. [↑](#footnote-ref-15)
16. Példa a sémára illeszkedő projektnévre: hu.bme.mit.inf.symod.ABC123.homework. [↑](#footnote-ref-16)
17. Ez annyiból rugalmas megoldás is, hogy az ellenőrzést végző személy tarthat megnyitva egyéb projekteket is a munkaterületen, amennyiben szükséges. [↑](#footnote-ref-17)
18. Ilyenek például a saját nyelvek, nyelvtanok létrehozását támogató, szintén EMF-re épülő Xtext keretrendszer (<https://eclipse.org/Xtext/>) felhasználói felülethez kötődő Eclipse-beépülői. A Yakindu egyébként az Xtext segítségével definiálja a saját modellezési nyelvét, illetve a kódgenerálásért felelős fájlban használható nyelvtant. [↑](#footnote-ref-18)
19. Az Eclipse futtatására, illetve a buildelési folyamatok kódból történő kiváltására egyébként lenne lehetőség grafikus felület nélkül is, de az említett függőségek miatt ez az opció jelenleg nem alkalmazható. [↑](#footnote-ref-19)
20. Buildelés: a forráskód-állományok lefordítása a futtatókörnyezet által elvárt formátumba. [↑](#footnote-ref-20)
21. A buildelési folyamat az Eclipse-ben külön szálon fut, így az ellenőrzésért felelős kódot végrehajtó szálon a műveletek folytatódhatnának anélkül, hogy a megfelelő futtatható állományok elkészültek volna. [↑](#footnote-ref-21)
22. Mint említettük, az ellenőrzést végző felhasználó kérheti az általa explicite kiválasztott projektek ellenőrzését is, illetve azt is, hogy az Eclipse aktív munkaterületén lévő összes szóba jöhető – elnevezési konvenció alapján illeszkedő – projekt ellenőrzésre kerüljön. [↑](#footnote-ref-22)
23. A CSV a comma-separated values-ból összeálló mozaikszó, jelentése: „vesszővel elválasztott értékek”. Ez a széles körben elterjedt formátum az adatok táblázatos jellegű tárolására szolgál sima szöveges formátumban. A fájl egy-egy sora a táblázat egy-egy sorának felel meg, oszlopai, cellái pedig a vesszővel (vagy egyéb implementációnál pontosvesszővel, stb.) elválasztott értékek. A formátumot számtalan népszerű táblázatkezelő támogatja. [↑](#footnote-ref-23)
24. A forráskód megfelelő jogosultságok birtokában GitHubon is elérhető: <https://github.com/peterharaszin/hu.bme.mit.inf.symod.scverif> [↑](#footnote-ref-24)
25. <http://help.eclipse.org/luna/index.jsp?topic=%2Forg.eclipse.platform.doc.isv%2Freference%2Fapi%2Forg%2Feclipse%2Fcore%2Fruntime%2Fjobs%2FJob.html> [↑](#footnote-ref-25)
26. <http://help.eclipse.org/luna/index.jsp?topic=%2Forg.eclipse.platform.doc.isv%2Freference%2Fapi%2Forg%2Feclipse%2Fcore%2Fruntime%2FIProgressMonitor.html>. A konkrét megvalósítással kapcsolatos részleteket többek közt itt találhatunk: How to Correctly and Uniformly Use Progress Monitors, Kenneth Ölwing, BEA JRPG, January 18, 2006, <https://eclipse.org/articles/Article-Progress-Monitors/article.html>. [↑](#footnote-ref-26)
27. A projektek nevében szereplő Neptun-kódok személyiségi jogi okokból kitakarásra kerültek. [↑](#footnote-ref-27)
28. Egy meglévő Eclipse-példány felhasználásával exportálható például egy teljesen önállóan működő Eclipse alkalmazás is. [↑](#footnote-ref-28)
29. Ahogy az Eclipse például egy Java-alkalmazás futtatásához is automatikusan készít egy futtatási konfigurációt tartalmazó állományt. Egy ilyen futtatási konfiguráció természetesen manuálisan is létrehozható. [↑](#footnote-ref-29)
30. Ezzel kapcsolatban bővebb információkat az Eclipse Modeling Framework hivatalos oldalán található segédanyagokból kaphatunk: <https://eclipse.org/modeling/emf/docs/> [↑](#footnote-ref-30)
31. A Yakindu Statechart Tools forráskódja a projekt GitHub-oldalán tanulmányozható: <https://github.com/yakindu/statecharts> [↑](#footnote-ref-31)
32. A megjelenítés az Eclipse Modeling Frameworkhöz tartozó egyszerű modellszerkesztővel, a Sample Ecore Model Editor segítségével történt. [↑](#footnote-ref-32)
33. Többek közt a ResourceSet interfész (és a hozzá tartozó ResourceSetImpl-megvalósítás) segítségével: http://download.eclipse.org/modeling/emf/emf/javadoc/2.9.0/org/eclipse/emf/ecore/resource/ResourceSet.html#getResource(org.eclipse.emf.common.util.URI, boolean) [↑](#footnote-ref-33)
34. Ez a Statechart interfész egy megvalósításának példánya lesz: https://github.com/Yakindu/statecharts/blob/master/plugins/org.yakindu.sct.model.sgraph/src/org/yakindu/sct/model/sgraph/Statechart.java [↑](#footnote-ref-34)
35. Az itt említett módszernél jóval hatékonyabb, de beüzemelését tekintve valamelyest bonyolultabb modell-lekérdező eszközök is rendelkezésre állnak – ilyen például a tanszéken útjára indított EMF-IncQuery (<https://www.eclipse.org/incquery/>) –, itt azonban egyszerűbb, de a feladat méretét tekintve még mindig hatékonynak bizonyult eljárásokat alkalmaztam. [↑](#footnote-ref-35)